



A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS NAS AULAS DE FÍSICA UTILIZANDO ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

João Mauro da Silva Júnior

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Espírito Santo, no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Dr. Geide Rosa Coelho

Vitória
Dezembro, 2015

A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS NAS AULAS DE FÍSICA UTILIZANDO ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

João Mauro da Silva Júnior

Orientador:
Dr. Geide Rosa Coelho

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Dr^a. Eliane Ferreira de Sá (UFMG -PROMESTRE)

Dr^a. Junia Freguglia Machado Garcia (CE-UFES)

Dr. Breno Rodrigues Segatto (PPGEnFis-POLO 12)

Vitória
Dezembro, 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

S581a Silva Júnior, João Mauro da
A construção de conceitos científicos em aulas de Física utilizando
atividades investigativas / João Mauro da Silva Júnior. 2015.
viii, 126 f.: il.;30cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo,
Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação e Ensino de
Física, Vitória, ES-BR.

Orientador: Dr. Geide Rosa Coelho

Referências Bibliográficas: f. .

1. Ensino por investigação. 2. Construção do conhecimento. 3.
Aprendizagem procedimental e atitudinal. 4. Efeito Fotoelétrico. I.
Coelho, Geide Rosa, orient. II. Título.

CDU: 37:53

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

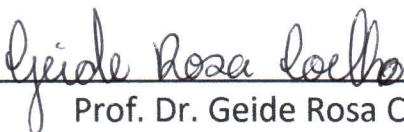
**"A Construção de Conhecimentos Científicos nas Aulas de Física Utilizando
Atividades Investigativas"**

João Mauro da Silva Junior

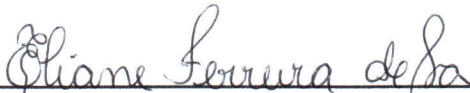
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 18 de Dezembro de 2015.

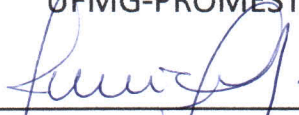
Comissão Examinadora



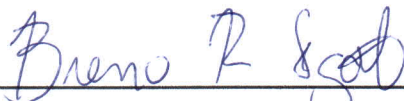
Prof. Dr. Geide Rosa Coelho
Orientador - PPGEEnFis/UFES



Prof^a. Dr^a. Eliane Ferreira de Sá
UFMG-PROMESTRE



Prof^a. Dr^a. Junia Freguglia Machado Garcia
CE-UFES



Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto
PPGEEnFis-UFES

A todos os amigos, companheiros e familiares que sempre confiaram que eu
poderia ir além.
A João Mauro (*in memoriam*), meu pai, que tenho certeza estaria orgulhoso de
seu filho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, criador, porque d'Ele, por Ele e para Ele são todas as coisas.

Aos meus familiares que me apoiaram nessa jornada, em especial à minha esposa, que em todos os momentos, fossem de alegria ou de luta, esteve caminhando comigo dando o suporte necessário, entendendo minhas ausências e me incentivando através de palavras, atitudes ou orações. Tudo isso, somado às nossas heranças, que são nossas filhas, só me deu força para lutar e vencer essa batalha. Compreendendo minhas ausências e carregando o jugo comigo ao longo da realização dos meus estudos. Amo minha família. O meu muito OBRIGADO. A vitória é nossa!

Ao meu orientador, professor Dr. Geide Rosa Coelho, por quem aprendi a ter admiração e respeito. De natureza humilde e competente faz-se grande entre aqueles que se consideram gigantes. Em suas orientações SEMPRE esteve presente contribuindo de modo especial na trajetória da confecção deste trabalho de dissertação, dedicando-se e contribuindo para a minha formação acadêmica e profissional.

Aos professores do PPGE n Fis, especialmente ao coordenador e professor Dr. Laércio Ferracioli que há alguns anos, incansavelmente, tem trabalhado de forma ininterrupta e exemplar para que o Ensino de Física no estado do Espírito Santo cresça de forma substancial e robusta.

Aos amigos de mestrado, galera amiga de longa data e que contribuiu de forma significativa para minha formação neste mestrado, através de conversas e debates acadêmicos da melhor qualidade. Valeu galera!

Agradeço também à CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa recebida durante a realização deste mestrado.

Aos amigos (irmãos) e familiares que batalharam juntos comigo para que eu chegasse a ser mestre na área de Ensino de Física.

Saber viver

*“Não sei...
Se a vida é curta
Ou longa demais pra nós,
Mas sei que nada do que
vivemos
Tem sentido, se não
tocamos o coração das
pessoas.*

*Muitas vezes basta ser:
Colo que acolhe,
Braço que envolve,
Palavra que conforta,
Silêncio que respeita,
Alegria que contagia,
Lágrima que corre,
Olhar que acaricia,
Desejo que sacia,
Amor que promove.*

*E isso não é coisa de
outro mundo,
É o que dá sentido à
vida.
É o que faz com que ela
Não seja nem curta,
Nem longa demais,
Mas que seja intensa,
Verdadeira, pura...
Enquanto durar”.*

Desconhecido

RESUMO

A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS NAS AULAS DE FÍSICA UTILIZANDO ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

João Mauro da Silva Júnior

Orientador:
Dr. Geide Rosa Coelho

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Espírito Santo no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Neste trabalho apresentamos uma proposta para o ensino de Física Moderna, especificamente do Efeito Fotoelétrico, em uma perspectiva investigativa de ensino, desenvolvida durante o final do segundo semestre do ano de 2014, em duas turmas, com um total de 58 alunos do segundo ano do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação (IFES)-campus Colatina, Espírito Santo (ES). O estudo, de natureza qualitativa, tem como principal motivo de pesquisa a análise do processo de construção dos conceitos científicos em aulas de Física, fundamentadas na perspectiva investigativa de ensino. A metodologia e os recursos utilizados são embasados na teoria do ensino por investigação e na teoria sociocultural de Vigotski, que tem como ponto importante as relações sociais estabelecidas pelos alunos e o seu papel na construção do seu aprendizado. Construímos uma *Unidade Investigativa de Ensino* com atividades que englobam questões abertas, simulação computacional e demonstração investigativa. A coleta de dados processou-se durante a realização das atividades pelos alunos, nas quais tivemos produções escritas e orais e algumas aulas gravadas em áudio e vídeo para investigar o desenvolvimento dessas atividades. Utilizamos as gravações em áudio e vídeo para analisarmos como ocorreu a construção do conhecimento científico e a aprendizagem tanto procedimental quanto atitudinal dos estudantes. O balanço feito é que no processo de construção do conhecimento científico os alunos trazem consigo de suas relações sociais e culturais os conceitos cotidianos para o seu discurso, sendo a apropriação dos conceitos científicos por parte dos alunos um desafio nas aulas de ciências, nas quais o professor deve buscar a inserção dos alunos na cultura científica como uma forma a mais de cultura, além daquelas que o aluno já possui, sendo que a perspectiva investigativa mostra bom potencial para orientar essa inserção.

Palavras-chave: Ensino por Investigação, Efeito Fotoelétrico, aprendizagem conceitual, atitudinal e procedimental.

Vitória
Dezembro, 2015

ABSTRACT

THE CONSTRUCTION SCIENTIFIC KNOWLEDGE IN PHYSICS CLASSES USING INVESTIGATIVE ACTIVITIES

João Mauro da Silva Júnior

Supervisor(s):
Dr. Geide Rosa Coelho

Master's thesis submitted to the Graduate Program of the Federal University of Espírito Santo in the Course of Professional Master of Physical Education (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the Master's Degree in Physics Teaching. In this work we present a proposal for the Modern Physics teaching, specifically the photoelectric effect, in a teaching investigative perspective, developed during the latter half of 2014, in two groups, with a total of 58 students of the second year High School Federal Institute of Education (IFES) - campus Colatina, Espírito Santo (ES). The study, of qualitative nature, whose main source of research analyzing the construction of scientific concepts process in physics classes, based on the teaching investigative perspective. The methodology and resources used are grounded in education theory research and socio-cultural theory of Vygotsky, whose important point the social relations established by students and their role in shaping their learning. We built a Investigative Unit of education with activities that include open questions, computer simulation and investigative demonstration. Data collection was processed during the performance of activities by the students, in which we had written and oral productions and some classes recorded in audio and video to investigate the development of these activities. We use audio recordings and video to analyze how was the construction of scientific knowledge and both procedural as attitudinal student learning. The assessment made is that the scientific knowledge construction process students bring with them their social and cultural relations everyday concepts to your speech, and the appropriation of scientific concepts by students challenging in science classes, in which the teacher should seek the inclusion of students in scientific culture as a way to more culture, besides those that the student already possesses, and the investigative perspective shows good potential to guide this insertion.

Keywords: Inquiry, Effect Electric Photo, conceptual learning, attitudinal and procedural.

Vitória
December, 2015

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO	17
2.1.1 O ensino de ciências por investigação: contexto histórico	17
2.1.2 Os papéis do aluno e professor no ensino por investigação	22
2.1.3 O ensino por investigação: perspectivas atuais	24
2.2 APRENDIZAGEM NA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL	27
2.3 AQUISIÇÃO DE ATITUDES E PROCEDIMENTOS EM CIÊNCIAS.....	32
2.4 O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO	37
3 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	42
3.1 OBJETIVO GERAL	42
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	42
4 METODOLOGIA.....	43
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	43
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO E SUJEITOS DA PESQUISA.....	44
4.3 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA.....	47
4.3.1 O conteúdo da aprendizagem e o objetivo de ensino	48
4.3.2 Os materiais curriculares e seus usos.....	50
4.3.3 Estrutura da Sequência de Ensino Investigativa	52
4.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS NA COLETA DE DADOS.....	57
4.4.1 Dados utilizados para análise do processo de produção de construção dos conceitos científicos e o desenvolvimento de procedimentos e atitudes ...	58
4.5 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS	60
4.5.1 Método de Análise de dados para investigar o processo de construção do conhecimento científico	60
4.5.2 Método de Análise de dados para investigar a aprendizagem procedimental e atitudinal.....	62
5 ANÁLISE DOS DADOS.....	65
5.1 ANÁLISE DO PROCESSO DA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS, ATITUDES E PROCEDIMENTOS	65

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
REFERÊNCIAS	95
APÊNDICE	101
Apêndice I TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	102
Apêndice II ROTEIRO DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS	104

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de minha trajetória profissional como professor de Física, desde o início, sempre me deparei com questões na sala de aula que são inquietantes para mim, tais como: “ – Física é muito difícil.”; “ - Onde eu vou usar isso na minha vida?”.

Questões como as exemplificadas acima, que são feitas, constantemente, pelos alunos durante aquele momento de aula em que o professor está confiante de que o seu melhor está sendo dado na sala de aula e se ele (professor) “aprendeu” assim o aluno também tem que aprender do mesmo modo – esse pensamento pode indicar que as relações de ensino e aprendizagem estabelecidas na sala de aula, muitas vezes, não fazem sentido algum. Uma possível consequência dessa falta de sentido e diálogo entre o que se ensina e o que se aprende é a desmotivação dos alunos e também a do professor – fato que me ocorreu muitas vezes ao trabalhar conteúdos presentes nos materiais didáticos com os quais tive oportunidade de trabalhar na minha trajetória profissional.

Esses conteúdos eram apresentados de forma totalmente matemática, ou seja, o aluno era solicitado a calcular uma resposta mas que era desconexa de sua realidade e, eu próprio, professor, não via sentido algum em trabalhar com aquele tipo de questão, mas, por fatores diversos, como obrigatoriedade de seguir o planejamento da escola ou a sequência do material didático adotado pela instituição.

No caso da Física os alunos ainda têm a visão de que ela se resume a um conjunto de leis e fórmulas acabadas que devem ser decoradas e na maioria das vezes não veem ali uma descrição de mundo e parece que o conteúdo escolar nada tem a ver com a evolução e dinâmica da história da humanidade.

Para mudar essa visão é preciso problematizar. Por que o currículo dos conteúdos é desse jeito em que vemos quase sempre a mesma sequência, partindo sempre das Leis do Movimento de Newton e só ao fim do ciclo do

Ensino Médio é que se tem a Física Moderna e Contemporânea para se trabalhar? Aceitamos que essa estrutura se deve, em parte, ao foco em demasiado quantitativo dos fenômenos físicos em detrimento da descrição e entendimento de como se dá o fenômeno. Então, por que ensinamos Física dessa maneira? Estamos buscando relação entre o que se ensina e o que se aprende? Onde queremos que nossos estudantes cheguem com tal formação? Que formação queremos dar a nossos estudantes?

Teixeira (2003) descreve que o conteudismo e a descontextualização continuam sendo marcas fortes no ensino de ciências nas salas de aula. Seja por motivos pessoais, econômicos, sociais, políticos ou outro qualquer.

O Programa Internacional de Avaliação dos Alunos (PISA) é uma iniciativa de avaliação comparada, aplicada a estudantes na faixa dos 15 anos idade em que se pressupõe o término da escolaridade básica obrigatória na maioria dos países. O programa é desenvolvido e coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Em cada país participante há uma coordenação nacional. No Brasil, o Pisa é coordenado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Nessa avaliação, PISA, há uma indicação de evolução dos resultados do ensino no Brasil a partir de 2003, mas se comparado internacionalmente o Brasil tem longo caminho a percorrer (BRASIL, 2012, p. 63).

Toda essa reflexão tem contribuído em minha busca de novos caminhos para as práticas em sala de aula. Uma prática que seja menos informativa e mais formativa, tanto para alunos como para mim. Ou seja, que durante minhas aulas os alunos tenham a oportunidade de crescimento não só em conhecimento científico, mas, também, crescimento social em suas práticas e atitudes cotidianas e que eu, professor, forneça a eles condições de se portarem criticamente na sociedade. Uma prática que se seja mais dialógica, com mais construção em conjunto do que de ordens unidirecionais, pois “[...] *queixamo-nos de que os alunos são passivos, mas praticamente não lhes deixamos espaços de participação autônoma [...]*” (Pozo, Gomes-Crespo, 2009, p.33)

Considero que o aluno pode e deve ser ativo em suas relações de ensino e aprendizagem. Entendemos que isso pode ser buscado ao darmos voz ao aluno nas aulas, ou seja, nós, professores, devemos promover a participação direta e efetiva dos mesmos na construção do conhecimento e deixarmos de sermos puramente transmissores desse conhecimento. A construção deve ser dialógica na sala de aula, com professores e alunos, em negociação conjunta, construindo os significados.

Sob essa ótica, o ensino por investigação pareceu-nos¹ uma importante perspectiva de ensino por privilegiar a participação ativa dos alunos, tirando o foco do resultado, buscando entender o processo. Essa participação do aluno não se restringe a manipulação simples, como seguir um roteiro ou receita como se faz tradicionalmente em práticas de laboratório de Física, mas o que dará o caráter investigativo é, não somente a observação ou manipulação de material ou de dados, mas a reflexão contínua, a discussão, a explicação e o relato de uma investigação que faça sentido para o aluno (AZEVEDO, 2004).

A existência de investigação não constitui questão sujeita a dúvida. Elas estão em cada setor da vida e em cada aspecto de cada setor. No viver diário homens examinam, resolvem as coisas intelectualmente, inferem e julgam de modo tão “natural” quanto ceifam e semeiam, quanto produzem e trocam mercadorias (DEWEY, 1980, p.56).

Desde quando comecei a lecionar tive a oportunidade de trabalhar em várias escolas, tanto públicas como particulares, mas o currículo prescrito para a disciplina Física, com pequenas alterações e ajustes para cada ambiente de trabalho, vem seguindo sempre a mesma linha no ensino médio: FÍSICA CLÁSSICA. Os conteúdos curriculares na 1ª série são relativos à Física Newtoniana, na 2ª série trabalha-se Termologia, Ótica Geométrica e Ondulatória, já na 3ª série restam a eletricidade e o magnetismo.

¹No decorrer desta dissertação, ora utilizaremos a primeira pessoa do singular, ora utilizaremos a primeira pessoa do plural. Isso se faz, no primeiro caso, para reforçar minha participação direta no trabalho, com asserções de valor e conhecimento relacionadas à minha trajetória profissional e acadêmica e, no segundo caso, para dar enfoque no caráter colaborativo deste trabalho, no qual dialogo com os autores, com meu orientador e também com meus pares que de alguma forma deram sua contribuição.

Se olharmos os livros didáticos de Física produzidos no Brasil até início dos anos 2000, podemos confirmar essa organização curricular descrita no parágrafo anterior. Além disso, o enfoque era quase total, no aspecto quantitativo da Física e com pouca descrição dos fenômenos Físicos e baixíssimo espaço para uma discussão qualitativa destes fenômenos

Aos poucos a Física Moderna e Contemporânea (FMC) foi ganhando um espaço nos livros didáticos. Segundo o site do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (acesso em 20 de nov. 2015), o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), instituído oficialmente em 1929 através do Fundo Nacional do Livro (FNL) abrangia apenas o ensino fundamental. A partir de 2003 foi instituído o Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) que tem contribuído para essa inserção da FMC de forma mais efetiva nos materiais didáticos impressos e, mais recentemente, digitais.

Entretanto, ao analisarmos as obras do Guia de Livros Didáticos (PNLD-2105) Ensino Médio-Física, a FMC continua funcionando como um apêndice ou anexo desses livros, pois, com raras exceções, os professores de Física não têm dado importância a esse conteúdo, continuando com sua tradicional sequência de desenvolvimento dos conteúdos curriculares.

Nesse contexto, ao ser aprovado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e realizando o curso de mestrado, a pesquisa relatada nessa dissertação surge como uma tentativa de entendimento de como os alunos constroem o conhecimento científico.

Assim, nosso objetivo é fazer uma análise de como ocorreu a construção do conhecimento científico ao utilizarmos atividades planejadas sob a perspectiva do ensino por investigação. Para isso, abordamos a FMC, especificamente o efeito fotoelétrico, partindo de uma visão clássica e ondulatória da natureza da luz, passando pela natureza dual até atingirmos sua interação com a matéria e aplicações atuais do efeito fotoelétrico.

1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Nossa pesquisa está relatada nessa dissertação. Ela está estruturada em seis capítulos. No primeiro capítulo, que é a introdução, apresento o caminho percorrido por mim até chegar a este trabalho. Apresento também um pequeno relato de questões importantes na minha trajetória profissional que me moveram em direção à perspectiva investigativa de ensino utilizada para abordar o tema de Física Moderna e Contemporânea.

No capítulo 2, no qual busco fundamentar teoricamente a minha pesquisa, começo discorrendo sobre a perspectiva de ensino por investigação. Logo após, procuro dar uma visão histórica do ensino por investigação, apresentando como essa perspectiva tem evoluído até os dias atuais. Apresento também, dentro desse contexto, como os papéis do aluno e professor mudam, passando de uma visão tradicional de ensino centrado na relação professor transmissor e aluno receptor para um professor mediador das interações sociais na sala de aula e aluno participante ativo na construção de seu conhecimento, considerando a perspectiva sociocultural. Por fim, nesse capítulo, apresento como o ensino de Física Moderna e Contemporânea tem sido tratado, quais as perspectivas e dificuldades apresentadas para que a FMC seja implementada na educação básica.

Seguindo, no capítulo 3 explico os objetivos geral e específicos da intervenção realizada.

O capítulo 4 é dedicado ao percurso metodológico. Caracterizo o estudo, a proposta didática, caracterizo a instituição onde foi realizada a intervenção e os sujeitos participantes da mesma; apresento, também, como os dados foram coletados e quais instrumentos foram utilizados para realizar essa coleta. Por fim, discorro sobre o caminho metodológico adotado para análise de dados.

O capítulo 5 é dedicado a análise e interpretação dos dados obtidos no estudo realizado. Utilizando a perspectiva sociocultural e dialogando com alguns autores procuramos entender e avaliar como os conceitos cotidianos e científicos surgem, se fazem presentes na atividade proposta e são utilizados

nas atividades realizadas. Com a mesma atividade investigativa utilizada na análise da construção do conhecimento científico, realizamos uma análise das aprendizagens procedimental e atitudinal.

Por fim, apresentamos o capítulo 6 de considerações finais no qual discorro sobre os êxitos e dificuldades encontrados durante a realização da intervenção relacionando-os com as aprendizagens conceitual, procedimental e atitudinal, objetos dessa pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

O ensino de ciências por investigação no Brasil tem sido nos últimos anos objeto de muitos estudos e análises por parte de pesquisadores no Brasil (AZEVEDO, 2004; SÁ *et al*, 2007; MUNFORD e LIMA, 2007; RODRIGUES e BORGES, 2008; PENHA, CARVALHO e VIANNA, 2009; SÁ, LIMA e AGUIAR JR., 2011; ZÔMPERO e LABURÚ, 2011; MÁXIMO e ABIB, 2012; CARVALHO, 2013).

Essa perspectiva de ensino parece-nos interessante, pois ela se contrapõe à perspectiva ainda muito tradicional utilizada em sala de aula: o professor como detentor e transmissor do conhecimento constitui-se o principal ator na sala de aula e aos alunos cabe, apenas, passivamente, ouvir e receber o conteúdo, com participação quase nula na construção desses conteúdos apresentados.

No ensino por investigação, como acontece em uma investigação, os alunos, ao serem desafiados pelos problemas propostos, devem lançar hipóteses, colher e analisar dados, comunicar seus resultados e conclusões obtidas, sempre com a atuação conjunta do professor (AZEVEDO, 2004; MUNFORD e LIMA, 2007).

Mas, em que consiste essa perspectiva de ensino e como ela surgiu é o que veremos na sequência deste capítulo. Abordaremos também a importância da mudança de postura do aluno e, também, do professor nessa perspectiva de ensino.

2.1.1 O Ensino de ciências por investigação: contexto histórico

Mesmo não havendo consenso sobre o momento histórico do surgimento da perspectiva investigativa de ensino (RODRIGUES, BORGES, 2008), o ensino

como investigação (*inquiry*) é tido como surgido no século XIX e nos Estados Unidos ela foi predominante sob influência das ideias do filósofo Dewey. Entretanto, mesmo quase sendo um consenso na América do Norte e Europa, o ensino por investigação no Brasil é menos consagrado e pouco discutido (MUNFORD e LIMA, 2007).

Já consolidada nos Estados Unidos e na Europa como uma abordagem importante no ensino de ciências (SÁ *et al*, 2007; ZÔMPERO e LABURU, 2011; SÁ, LIMA e AGUIAR JR., 2011), o ensino por investigação é um considerando recente no Brasil.

Como destaca Deboer (apud ZÔMPERO e LABURÚ, 2011), o currículo escolar até a segunda metade do século XIX, seja europeu ou norte-americano, tinha ênfase no que se chamava de clássico, no qual o destaque era para o estudo da Matemática e Gramática. Mas a ciência despontava como uma disciplina importante para a formação dos indivíduos, pois ela se diferenciava por oferecer uma prática lógico-indutiva, ou seja, desenvolvimento dos princípios gerais a partir de observações empíricas.

Zômpero e Laburú (2011) destacam que nesse período do século XIX a prática do laboratório ganhou destaque no ensino de ciências, sendo defendida pelo cientista e filósofo positivista, do século XIX, Herbert Spencer, para quem as atividades de laboratório fornecem informações claras e precisas sobre a natureza que não se encontram nos livros.

Bybee, citado por Rodrigues e Borges (2008), apontam que o químico Charles Eliot, presidente da Universidade de Harvard de 1869 a 1895, foi articulador da necessidade de se ensinar ciência com o uso do laboratório, argumentando que o uso de laboratório nas aulas de Química poderia desenvolver habilidades de pensamento que incluem: comparação, discriminação e indução.

Enquanto na primeira metade do século XX a educação científica tinha objetivos nos valores sociais (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011), somente na

segunda metade do século XX, na Europa e Estados Unidos, é que o ensino por investigação ganha força com forte influência do educador Joseph Schwab (SÁ, LIMA e AGUIAR JR., 2011).

No final do século XX surge o Movimento Progressista que defendia o ensino centrado na vida, na atividade que alia a teoria à prática, tornando o aluno ativo no processo de aprendizagem. Esse movimento também enfatizava a importância das interações socioculturais para a aprendizagem, no que é possível relacionar com as ideias de Vigotski, também defensor dos elementos sociais na aprendizagem (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

Diferente do que ocorreu no início do século XIX, no qual a educação científica estava voltada para a autonomia e valores individuais, na busca da formação do cidadão (DEBOER, 2006, apud RODRIGUES e BORGES, 2008), no início do século XX a educação científica se voltou, objetivamente, para os valores sociais. Isso ocorreu devido a vários fatores, como a crescente urbanização, industrialização, imigração, saúde pública, dentre outros (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

Nessa perspectiva, o filósofo e pedagogo americano John Dewey (1859-1952) surge como a pessoa influente na abordagem do ensino de ciência por investigação, tornando-se de acordo com Wong e Pugh (2001) um símbolo das ideias progressistas na educação científica. Westbrook (2010) salienta que um dos grandes méritos da teoria de educação de Dewey foi o de restaurar o equilíbrio entre a educação tácita e não formal recebida diretamente da vida, e a educação direta e expressa das escolas, integrando a aprendizagem obtida através de um exercício específico a isto destinado (escola), com a aprendizagem diretamente absorvida nas experiências sociais (vida). Em seu livro *Democracia e educação*, Dewey atribui aos educadores a responsabilidade de utilizar a ciência para modificar atitudes e hábitos de pensamento pouco adequados ao projeto de construção da sociedade democrática (CUNHA, 2001).

Zômpero e Laburú (2011) destacam a ideia central de Dewey que o que influencia a educação científica é a experiência. Esta, muitas vezes mal entendida e confundida com aulas práticas, na verdade está relacionada com a vida cotidiana em que as experiências são realizadas (vivenciadas) constantemente. Para Dewey, experiência e aprendizagem não podem ser separadas. A experiência se adquire a partir de um conjunto de vivências (ROSITO, 2008). Assim, quando a experiência educativa é refletida, a aquisição de conhecimento será seu resultado natural, portanto, a experiência dá significado à vida.

DeBoer, citado por Zômpero e Laburú (2011) destaca que por volta da segunda metade do século XX, com o crescente número de cientistas, engenheiros e a criação de departamentos de pesquisas, do desenvolvimento das pesquisas industriais e da graduação de professores de ciências, houve um movimento contrário na educação que argumentava que o ensino de ciências tinha perdido o seu rigor acadêmico. Ele, o ensino de ciências, estava demasiadamente centrado no aluno, destacando os aspectos sociais e que era necessário maior rigor acadêmico para o desenvolvimento intelectual dos alunos.

Segundo Barrow (2006), o lançamento do satélite Sputnik I pelos russos, em 4 de Outubro de 1957, no auge da Guerra Fria, levou os Estados Unidos a questionarem a qualidade da educação científica e, conseqüentemente, dos currículos desenvolvidos nas escolas.

No caso da Física, um programa de renovação de ensino de Física no ensino médio, o *Physical Science Study Committee* (PSSC) era um programa iniciado em 1956 e desenvolvido nos Estados Unidos com a intenção de mudar radicalmente o ensino de Física naquele país (PENA, 2012).

Assim, houve uma reformulação dos currículos de ciências para que os alunos pudessem pensar como um cientista. Havendo também ênfase em processos considerados científicos, como habilidades individuais (observação, classificação, inferência, controle de variáveis, etc.) (BARROW, 2006)

Esse programa, *PSSC*, teve grande reflexo no Brasil na década de 1960, tanto que houve uma tradução desse documento para o português e inclusão de sua ênfase curricular nos projetos nacionais de ensino de Física (PENA, 2012).

Na época de lançamento e tradução do *PSSC* para o português, no Brasil a referência de ensino de Física era o livro texto, com pouca ênfase ao aspecto a atividade experimental, mesmo sendo considerada importante (PENA, 2012).

Na prática, a reforma educacional da segunda metade do século XX preocupou-se em mostrar a relação entre os conteúdos e métodos da forma mais rigorosa possível, mas admitia que isso poderia tanto ser feito através de um ensino baseado em investigação como através do ensino tradicional (DEBOER, 2006).

Na década de 1970, o ensino de ciências novamente foi reformulado, voltando a dar atenção aos aspectos sociais relativos ao desenvolvimento científico e tecnológico (RODRIGUES e BORGES, 2008). Nessa perspectiva, o ensino por investigação era utilizado como orientação, para ajudar os estudantes a pesquisar problemas sociais como o aquecimento global, a poluição, dentre outros (ZÔMPERO e LÁBURU, 2011).

Segundo Rodrigues e Borges (2008), ao fim dos anos 1970 e início dos anos 1980, a americana National Science Foundation (NSF) financiou um projeto a fim de analisar qual era o status da educação científica nos Estados Unidos. Esse projeto, intitulado *Project Synthesis*, revelava que os pesquisadores da educação científica utilizavam o termo “investigação” (inquiry) de diversas formas. O trabalho verificou ainda que o termo investigação era utilizado tanto se referindo a investigação como conteúdo, quanto como técnica de instrução, não sendo claro o significado do termo. Os autores ainda apontam que os professores levantavam muitas dificuldades, semelhantes às apresentadas por professores brasileiros, em se trabalhar o ensino de ciências no sentido de uma

investigação, apesar de a maioria ter uma atitude positiva quanto a essa abordagem no ensino dos conteúdos.

Continuando, Rodrigues e Borges (2008) destacam o surgimento do documento *Project 2061 - Science For All Americans* (AAAS, 1989), que foi uma tentativa de explicitar o consenso sobre o que os estudantes deveriam saber para serem cientificamente alfabetizados num sentido amplo. De modo semelhante, a National Research Council (NRC) contribuiu com a definição de alfabetização científica através da publicação do *National Science Education Standards* (NRC, 1996). Examinando este documento percebe-se a centralidade do ensino por investigação nos Estados Unidos (MUNFORD e LIMA, 2007).

Além desses, em 2000, também nos Estados Unidos, foi elaborado o documento *“Investigação e os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências: Um Guia para Ensino e Aprendizagem”*. Apesar de, como vimos acima, a abordagem do ensino por investigação ser bem consolidada nos Estados Unidos e até mesmo na Europa, no Brasil ela tem se desenvolvido vagarosamente e ainda não se encontra bem estabelecida. Isto pode ser decorrente do fato de que a abordagem de ensino que envolve atividades investigativas só aparece nos Parâmetros Curriculares Nacionais de 1997 (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

2.1.2 Os papéis do aluno e do professor no ensino por investigação

Como destacado no início deste capítulo, os alunos e professores devem ter outra postura no desenvolvimento de aulas sob a perspectiva investigativa, pois a sala de aula é um ambiente dinâmico no que se refere às interações entre alunos e seus pares; alunos e professores; e alunos, professores e os objetos de aprendizagem (SOUZA e SASSERON, 2012).

Na medida em que o aluno é considerado como “protagonista da construção de sua aprendizagem” (BRASIL, 1998, p. 40), as atribuições do professor

assumem novas dimensões no processo de ensino e aprendizagem. Na perspectiva do ensino por investigação, os papéis do professor e aluno em sala de aula mudam radicalmente, passando da relação unidirecional/tradicional que considera o aluno, conforme Carvalho (2004), uma tábula rasa, vazia, que será cheia à medida que o professor, detentor do conhecimento, enche essa tábula (aluno) vazia.

Na verdade, o aluno deixa de ser apenas um observador de aulas e é levado a uma posição de questionador, argumentador e organizador de suas ideias. Utiliza e “aprende” atitudes diferentes daquelas utilizadas por ele, normalmente, durante as aulas, pois lança hipóteses, registra e analisa dados, e, após tirar suas conclusões, as comunica socialmente com a turma e professor, com objetivo da solução da situação problematizadora inicial (AZEVEDO, 2004).

No ensino por investigação professores e alunos desempenham papéis ativos e importantes: o primeiro será um orientador do caminho traçado pelo aluno e mediador das tensões que porventura existam durante essa caminhada; o aluno, por sua vez, atuará como verdadeiro investigador que lança hipóteses, coleta dados, organiza e analisa esses dados e, após fazer sua análise, tira conclusões fundamentadas em seu trabalho de investigação.

Em um ambiente de ensino e aprendizagem baseado na investigação, os estudantes e os professores compartilham a responsabilidade de aprender e colaborar com a construção do conhecimento. Os professores deixam de ser os únicos a fornecerem conhecimento e os estudantes deixam de desempenhar papéis passivos de meros receptores de informação. (Sá *et al*, 2007, p. 3)

Considerando o contexto do ensino-aprendizagem que envolve fatores, tais como, tempo disponível, os conceitos que serão trabalhados, características da turma, relações dentro da turma e a experiência do docente, Munford e Lima (2007) enfatizam que a coordenação do contexto de realização das atividades investigativas e o nível de direcionamento dado a elas cabe ao professor.

2.1.3 O ensino por investigação: perspectivas atuais

Muito mais do que fórmulas físicas ou matemáticas, nomes de organismos celulares, cálculos químicos e cadeias orgânicas, o aluno, ao estudar ciências, precisa ser fazer senso a sua realidade à medida que o pensamento e prática científica são introduzidos no plano social da sala de aula.

aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez mais apropriadamente denominada estudo da natureza – nem de desenvolver e organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as idéias anteriores dos alunos mediante eventos discrepantes. Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento. (DRIVER et al., 1999, p.36).

Diante disso, torna-se claro que trabalhar com o ensino de ciências impõe desafios aos alunos e professores. E um desses maiores desafios é a inserção do aluno no mundo científico, tornando-o familiarizado com a linguagem, ou modo de ver da ciência. O aluno deve ser capaz de traduzir o mundo que o cerca através da visão científica, inserindo-a em seu dia a dia. De modo que a ciências faça parte do seu cotidiano, de sua cultura e de sua vida.

Sasseron e Carvalho (2011) defendem que o ensino de ciências deve ser visto como um processo de “*enculturação científica*” dos alunos, expressão que designa que o objetivo do ensino de ciências deve almejar a formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas da sua vida. Com isso, espera-se a promoção de condições para que os alunos sejam inseridos em mais uma cultura, a cultura científica, além daquelas que normalmente ele já está inserido.

Penha, Carvalho e Vianna (2009) destacam que muitos trabalhos têm se preocupado com a identificação de características e/ou proposições de

seqüências de ensino inovadoras para sala de aula de ciências, todas buscando como principal objetivo a enculturação científica dos alunos.

Segundo Munford e Lima (2007, p. 76), “[...] aproximar a ciência escolar da ciência acadêmica não é tarefa simples[...]”

É inegável que a ciência, nesses dois contextos, assume papéis e objetivos distintos. O principal objetivo da escola é promover a aprendizagem de um conhecimento científico já consolidado, enquanto, por outro lado, o principal objetivo da ciência acadêmica é produzir novos conhecimentos científicos (MUNFORD e LIMA, 2007, p.76).

Sá *et al* (2007), buscando entender qual o conjunto de características que são necessárias para que uma atividade possa ser considerada investigativa, observam que um ponto central para início desse tipo de atividade é a criação de situações-problemas. Consideram outras características também importantes: valorização do debate e argumentação, obtenção e avaliação de evidências, aplicação e avaliação de teorias científicas e, por fim, deve permitir múltiplas interpretações.

As atividade investigativas podem assumir configurações e tipos diversos (SÁ *et al*, 2007), podendo ser atividades práticas, teóricas, simulação de computador, demonstração, pesquisa, dentre outros. Seja ela de qual tipo ou forma for deve sempre estar centrada na ação orientada do aluno. Sá, Lima e Aguiar Jr. (2011) chamam atenção, ainda, que não existe um roteiro pronto e acabado sobre como se realizar uma atividade investigativa, pois esse tipo de atividade pode explorar vários pontos ou apenas um dos que compõem uma investigação.

Outro aspecto importante a se destacar é que alguns, ao pensarem sobre a realização de uma atividade investigativa, podem associar esse tipo perspectiva de ensino com atividades manipulativas ou práticas de laboratório. Essa concepção é equivocada pelo que destacamos no parágrafo anterior. Azevedo (2004, p. 21) destaca que “[...] a ação do aluno não deve apenas ao

trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico [...]”.

Vários autores concordam que uma atividade experimental não necessariamente é uma atividade investigativa (SÁ et al, 2007; MUNFORD e LIMA, 2007; BORGES, 2002).

O importante não é a manipulação de objetos e artefatos concretos, e sim o envolvimento comprometido com a busca de respostas/soluções bem articuladas para as questões colocadas, em atividades que podem ser puramente de pensamento. Nesse sentido, podemos pensar que o núcleo dos métodos ativos (pode-se até chamá-lo de trabalhos ou atividades práticas, para significar que está orientado para algum propósito) não envolve necessariamente atividades típicas do laboratório escolar. (Borges, 2002, p. 12)

Munford e Lima (2007) defendem que nem todo conteúdo pode ser trabalhado na perspectiva investigativa, pois o ensino por investigação é uma abordagem dentre outras. Então, alguns temas seriam mais apropriados para essa abordagem enquanto outros seriam melhor trabalhados de outra forma.

Zômpero e Laburú (2011), através de uma extensa pesquisa bibliográfica e histórica, concluem que o termo ensino por investigação, apesar de ser polissêmico, apresenta características que são comuns e presentes nas visões de vários autores: engajamento dos alunos na realização das atividades, emissão de hipóteses por parte dos alunos, busca por informações (seja de modo experimental ou bibliograficamente) e a comunicação dos feitos para os demais alunos da sala.

Fica evidente, pelo exposto nos parágrafos acima, que as interações sociais no ambiente de sala de aula são levadas a outro patamar de importância e entendimento quando trabalhamos sob a ótica investigativa de ensino. Assim, as pesquisas educacionais, fundamentadas principalmente nos trabalhos de Vigotski, que buscam estudar como as relações socioculturais influenciam na produção de conhecimento em sala de aula constituem-se em importante ferramenta no ensino por investigação.

2.2 A APRENDIZAGEM NA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL

Na escola, em geral, não trabalhamos com apenas um aluno. Ao contrário, trabalhamos, nas salas de aula, com dezenas de alunos. O que torna necessário entendermos os processos de aprendizagem no plano social da sala de aula. Nesse sentido torna-se importante as contribuições de Vigotski e dos desdobramentos de suas ideias no campo da educação científica (CARVALHO, 2013).

Nessa perspectiva, “[...] o trabalho de Vigotski é marcado por um princípio básico de desenvolvimento humano: as relações socioculturais e históricas [...]” (GHEDIN, 2012, p. 149). O conhecimento é produzido e a aprendizagem ocorre conforme os indivíduos vão se engajando nas interações sociais. O aprender na sala de aula é, portanto, um processo dialógico em que o aluno confere e negocia significados durante suas interações com os outros alunos, com o professor e com os objetos de aprendizagem. A aprendizagem, portanto, não é uma substituição de velhas concepções por novos conceitos científicos (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Driver et al. (1999) destacam que, “[...] o conhecimento e o entendimento, inclusive o entendimento científico, são construídos quando os indivíduos se engajam socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas comuns[...]”. Concluem, portanto, que a tarefa de conferir significado ocorre em processo dialógico no qual os indivíduos, além de serem introduzidos em uma cultura, vão se apropriando das ferramentas culturais quando se envolvem nas atividades dessa cultura.

Essas concepções têm influenciado as práticas educativas da atualidade, apesar de Vigotski, não ter se preocupado com questões metodológicas de aplicabilidade imediata das suas teses em situações de ensino (GHEDIN, 2012).

Nesse sentido

[...] Não podemos esquecer que se pretendemos a construção de um conhecimento, o processo é tão importante quanto o produto. Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem [...] (AZEVEDO, 2004, p. 22)

O ensino por investigação, através da ação coletiva na resolução do problema, pode gerar o intercâmbio de significados entre os alunos e destes com o professor.

As interações sociais são uma característica marcante de qualquer atividade investigativa, pois ela deve propiciar aos estudantes momentos para argumentar em favor de uma ideia, identificar pontos positivos e negativos de uma afirmação, avaliar a validade de argumentos utilizados. Tais procedimentos são essenciais para avançar, com o auxílio do professor e dos demais colegas, na busca de uma explicação com base na ciência para a resolução do problema proposto. (MÁXIMO e ABIB, 2012, p. 3-4)

Carvalho (2013) destaca dois temas importantes que Vigotski desenvolveu em seus trabalhos. O primeiro foi mostrar que as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais. O segundo foi a demonstração que os processos sociais e psicológicos humanos se firmam através de ferramentas ou artefatos culturais, que medeiam a interação entre os indivíduos e entre esses e o mundo físico.

O entendimento desses temas, como Carvalho (2013) coloca, foi de profunda importância para escola e a relação entre alunos e professores na sala de aula. A interação social na escola relaciona-se não somente à comunicação entre professores e alunos, mas também como o ambiente é modificado à medida que essa interação ocorre. O aprendiz se comunica carregando seus valores, culturas e os próprios conteúdos trabalhados em sala de aula.

Além disso, a linguagem das Ciências não é só uma linguagem verbal. As Ciências necessitam para expressar suas construções, de figuras, tabelas, gráficos e até mesmo da linguagem matemática. Portanto, temos de prestar atenção nas outras linguagens, uma vez que somente as linguagens verbais – oral e escrita – não são suficientes para comunicar o conhecimento científico. Temos de integrar, de maneira coerente, todas as linguagens, introduzindo os alunos nos diferentes modos de comunicação que cada uma das

disciplinas utiliza, além da linguagem verbal, para a construção de seu conhecimento. (CARVALHO, 2013, p. 6)

Ghedin (2012, p. 150) coloca que “[...] uma das questões fundamentais do sociointeracionismo para o Ensino de Ciências é a relevância atribuída à linguagem como mediadora do conhecimento [...]”.

A interação entre uma criança e um adulto, um texto e um leitor, um filme e um espectador, um aluno e um professor, a cultura e o cidadão, só é possível porque a linguagem media todas as relações dirigidas pelo significado; por isso, o signo constitui-se no principal instrumento de interação e desenvolvimento humano. (GHEDIN, 2012, p.150)

Um conceito importante trazido por Vigotski é o de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), sendo entendida como a distância entre o *nível de desenvolvimento real* e o *nível de desenvolvimento proximal* do indivíduo, fornece subsídios para evidenciar o papel desafiador do trabalho exercido pelo professor com seus alunos. O desenvolvimento real diz respeito ao que o indivíduo já consolidou e que o torna capaz de resolver situações de forma autônoma com os seus conhecimentos, já o desenvolvimento proximal pode ser inferido naquilo que o indivíduo consegue resolver com a ajuda de um “outro mais capaz”, que pode ser um adulto ou até mesmo seus companheiros. Assim, os trabalhos em grupos, que são práticas comuns nas salas de aula, assumem outra dimensão e importância na aprendizagem. Com a ideia da ZDP torna-se mais fácil entender o porquê dos alunos se sentirem mais confortáveis trabalhando com esse tipo de atividade: eles estão dentro da mesma zona de desenvolvimento real e, portanto, é muitas vezes mais fácil o entendimento entre eles do que entender o professor (CARVALHO, 2013).

“[...] A capacidade de desenvolver a autonomia, a partir da participação em atividades conjuntas e colaborativas e do uso de instrumentos de mediação na resolução de tarefas, em particular as interações verbais, parece ser uma característica intrínseca do desenvolvimento ontogenético: “talvez esse seja o mais profundo significado do conceito de ZDP [...]” (SHOERDER, FERRARI, MAESTRELLI, 2009, p. 6)

A mediação, que pode ser entendida como processo característico da relação do homem com o mundo e com outros homens, é um ponto central trazido por Vigotski na perspectiva teórica. Nela a palavra atua como um signo (instrumento que operacionaliza a mediação) mediador na formação de um conceito.

Shoerder, Ferrari e Maestrelli (2009) destacam que a linguagem falada é o sistema de signos mais utilizado pelo ser humano. Conforme estes autores, Vigotski considera que o sistema de signos não deve ser apenas apropriado, mas sim, internalizado, o que tem sua gênese no plano social. Assim, o signo palavra é importante por mediar as interações discursivas realizadas em sala de aula e Vigotski (1996, apud CREPALDE e AGUIAR JR, 2013) nos diz que a palavra não é apenas um meio de compreender o outro, é também um meio de compreender a si mesmo.

Vigotski (2000) deixa claro que ao tentarmos ensinar um conceito diretamente teremos apenas uma verbalização oca do aluno, ou seja, não produzirá sentido algum para esse aluno.

A experiência prática mostra também que é impossível e estéril ensinar os conceitos de uma forma direta. Um professor que tenta conseguir isto habitualmente não consegue da criança mais do que um verbalismo oco, um psitacismo que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade só encobre um vácuo (VIGOTSKI, 2000, p. 84)

Para pensarmos, modificarmos e interagirmos com os outros e o mundo utilizamos uma ferramenta, o conceito. Assim, compreende-se que a formação de conceitos em sala de aula é um processo dinâmico que envolve os alunos em apropriação de novos modos de falar e pensar o mundo. Compreender a palavra alheia consiste em confrontação e interpretação, resultando em novo signo na consciência, o que nos dá a entender que a formação de conceitos é um trabalho social e semiótico (LIMA, AGUIAR JR., DE CARO, 2011).

Máximo e Abib (2012), considerando os estudos de Vigotski, nos dizem que a formação de um conceito científico não termina no momento em que um aprendiz tem seu primeiro contato com ele, na verdade esse é o começo dessa formação. Para que esse processo de formação de conceito se inicie, um problema deve surgir e somente possa ser resolvido com a formação de novos conceitos.

Boss *et al* (2012), ao citarem Vigotski (2001), ressaltam que há uma interdependência entre o conceito espontâneo e o conceito científico. Enquanto estes se desenvolvem do conceito para o objeto, os conceitos espontâneos seguem o caminho inverso: vão do objeto para o conceito. Os autores concluem então que é essencial uma base de conceitos espontâneos para o início da formação dos conceitos científicos.

Driver *et al* (1999) destacam o fato de que o aprendiz precisa ter acesso não somente às experiências físicas, mas também precisa ser posto em contato com os modelos e conceitos físicos convencionais. Sendo assim, entendemos que esses contatos também se constituem em interações realizadas pelos alunos no decorrer das aulas e se revestem de especial importância na construção dos sentidos produzidos pelos alunos durante as aulas de ciências.

Com essas considerações, optamos em nossa pesquisa pelas atividades tipo *trabalho em grupo*. Nesse tipo de trabalho, ou seja, no ensino por investigação, elas deixam de ser “[...] atividade optativa para uma necessidade quando o ensino tem por objetivo a construção do conhecimento pelos alunos [...]” (CARVALHO, 2013, p. 4).

Ressaltando que essas atividades em grupo devem dar aos alunos a oportunidade de ajuda mútua, internalização de símbolos e significados, troca de experiências, estabelecimento de analogias, concordância, oposição e outras experiências que oportunizem as vivências de diferenças e não a simples soma de experiências (CARVALHO, 2013; MARTINS, 1997), outras dimensões da aprendizagem, tais como a procedimental e atitudinal, ficarão

evidentes e deverão ser consideradas no desenvolvimento das atividades investigativas.

2.3 A AQUISIÇÃO DE ATITUDES E PROCEDIMENTOS EM CIÊNCIAS

Estudar ciências nas escolas tem sido, salvo tentativas pontuais, sinônimo de decorar conceitos (chamados, normalmente de conteúdos), fórmulas, leis e verdades que são dadas pelo professor como universais e indiscutíveis – não havendo espaços para diálogos, questionamentos e participação ativa dos alunos.

Tradicionalmente o ensino de ciências tem sido a transmissão de produtos, leis e conclusões acabadas, elaboradas por cientistas em algum momento da história o conhecimento científico, da forma que continua trabalhado em sala de aula é, sobretudo, um conhecimento conceitual (POZO, GOMEZ-CRESPO, 2009). Isso se contrapõe à perspectiva de ensino investigativa, na qual que o ensino de ciências deve ser trabalhado de modo a apresentar ao estudante a possibilidade do desenvolvimento do pensamento e fazer científico, implicando uma postura crítica, reflexiva e ativa por parte dos mesmos (AVEVEDO, 2004).

Os documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998), Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)(BRASIL, 2002) e as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) (BRASIL, 2012) são claros ao proporem novas abordagens metodológicas para o ensino de ciências, claramente construtivistas e centradas no aluno, com perspectivas históricas, sociais, críticas, culturais. Fica evidente que o ensino deve ter uma função social (ZABALA, 1998) e outras dimensões de aprendizagem devem ser levadas em consideração no ambiente escolar e não somente aquelas em que o aluno é levado a gravar conceitos, datas e fatos.

Mesmo não havendo uma única definição, a aprendizagem dos conteúdos procedimentais está relacionada com as técnicas e estratégias que os estudantes adotam na resolução de um determinado problema. Envolve um saber fazer, difícil de verbalizar e que é adquirido mais eficazmente através das ações, ocorrendo de maneira automática muitas vezes e sem percepção (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009).

Zabala (1998) destaca que os conteúdos procedimentais incluem as técnicas, os métodos, as destrezas ou habilidades, as estratégias. Os procedimentos não se confundem com a metodologia empregada, enquanto esta se relaciona com um conjunto de etapas ou regras a serem seguidas para realização de uma atividade, aqueles estão relacionados com o desenvolvimento das capacidades do aluno de fazer coisas que vão além de uma atividade proposta. Enquanto na metodologia pressupõe-se uma sequência exata de passos a serem dados que podem ser repetidos em várias atividades distintas, nos procedimentos a ação realizada varia em maior ou menor grau de complexidade conforme o problema a ser enfrentado e resolvido.

De todos os conteúdos de ensino as atitudes são, segundo Pozo, Gómez-Crespo (2009) os mais difíceis de serem abordados. Isso se deve ao fato de que os professores são preparados, em geral, para abordarem os conteúdos conceituais de cada disciplina específica e as atitudes são, essencialmente, implícitas e não fazem parte de nenhuma disciplina específica.

Zabala (1998) e Pozo, Gómez-Crespo (2009) destacam que os conteúdos atitudinais se agrupam em: 1 - **valores** (dimensão afetiva) ou princípios quando as pessoas podem emitir um juízo sobre conduta e seu sentido; 2 - **normas** (componente cognitivo) que são padrões ou regras de comportamento que devemos seguir em determinadas situações que obrigam a todos os membros de um grupo social; 3 – **atitudes** (dimensão comportamental) são regras ou padrões de conduta, tendências ou predisposições relativamente estáveis das pessoas para atuar de certa maneira.

Pozo, Gómez-Crespo (2009), ao considerarem o desenvolvimento dos conteúdos atitudinais, destacam três tipos de atitudes que devem ser promovidas nas aulas de ciências. A primeira é a atitude com respeito à ciência; a segunda é com respeito à aprendizagem da ciência; finalmente, a terceira diz respeito às implicações sociais da ciência. Esses 3 tipos de atitudes estão reunidas no quadro 2.3.1 abaixo:

Atitudes que devem ser promovidas entre os alunos com o ensino de ciências	
Atitudes com respeito à ciência (atitudes científicas)	
Interesse por aprendê-la	Motivação intrínseca Motivação extrínseca
Atitudes específicas (conteúdos)	Gosto pelo rigor e precisão no trabalho Respeito pelo meio ambiente Sensibilidade pela ordem e limpeza do material de trabalho Atitude crítica frente aos problemas apresentados pelo desenvolvimento da ciência
Atitudes com respeito à aprendizagem da ciência	
Relacionadas com o aprendizado	Enfoque superficial (repetitivo) Enfoque profundo (busca de significados)
Relacionadas com o autoconceito	Conduta Intelectual Social
Relacionadas com os colegas	Cooperativa em oposição à competitiva Solidariedade em oposição ao individualismo
Relacionadas com o professor	Modelo de atitude
Atitudes com respeito às implicações sociais da ciência	
Na sala de aula e fora dela	Valorização crítica dos usos e abusos da ciência Desenvolvimento de hábitos de conduta e consumo Reconhecimento entre desenvolvimento da ciência e mudança social Reconhecimento e aceitação de diferentes pautas de conduta nos seres humanos

Quadro 2.3.1: Pozo; Gómez-Crespo (2009, p. 38).

É nesse sentido que Zabala (1998) chama a atenção que, habitualmente, separamos os diferentes conteúdos de aprendizagem em disciplinas ou área de conhecimento, criando metodologias próprias de cada matéria. Zabala (1998), ainda, destaca que, se mudarmos o ponto de vista e, ao invés de fixarmos a classificação dos conteúdos por matéria e considerarmos as tipologias dos mesmos como conceitual, procedimental e atitudinal, veremos que existem mais convergências na forma de aprendê-los e, portanto, ensiná-los.

Zabala (1998) destaca, ainda, que os conteúdos atitudinais englobam um conjunto de atitudes, valores e normas que tem natureza própria e específica. Pozo e Gómez Crespo (2009) destacam que as atitudes a serem ensinadas e trabalhadas como conteúdos nas aulas de ciências são as mais difíceis de serem abordadas para muitos professores, pois estão relacionados à postura do aluno perante as ciências e, de modo mais amplo, perante a sociedade.

Sendo assim, ensinar atitudes relaciona-se nas com promover a tolerância e respeito do aluno às ideias e falas dos outros colegas, interesse pela ciência, ser solidário, trabalhar em equipe, valorização do trabalho do colega. A prática do professor com sua postura e conduta durante as aulas é importante nesse processo ao promover indagações, debates e reflexões por parte dos alunos durante as aulas.

Enquanto as atitudes estão relacionadas com o “*saber ser*”, os procedimentos expressam um “*saber fazer*” (POZZO e GÓMEZ-CRESPO, 2009). Os conteúdos procedimentais envolvem tomada de decisões e uma série de ações ordenadas com uma finalidade (CLEMENT e TERRAZZAN, 2011).

O conhecimento procedimental é adquirido mais facilmente através da ação, às vezes automaticamente e sem que tenhamos consciência dele. Por isso, muitas vezes a dificuldade em avaliá-lo (POZZO e GÓMEZ-CRESPO, 2009). Para essa dimensão Clement e Terrazan (2011, p. 88) afirma que: “[...] o que

se pretende por meio dos procedimentos é que o aluno desenvolva suas potencialidades de fazer coisas[...].”

Pode-se expressar ou indicar os procedimentos através de verbos como usar, aplicar, construir, simular, observar, calcular, desenhar, classificar, inferir, planejar, representar, entre outros. Todos eles indicam um saber fazer, uma ação, procedimentos necessários em várias atividades didáticas. Importa lembrar “[...] que os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais devem ser trabalhados todos conjuntamente em sala de aula e devem ser aprendidos de forma significativa e não de forma memorística [...]”. (SILVA e TERRAZZAN, 2011, p. 136).

Podemos dizer, portanto, que a aprendizagem de procedimentos e atitudes se torna, dentro do processo de aprendizagem, tão importante quanto a aprendizagem de conceitos e/ou conteúdos. No entanto, só haverá a aprendizagem e o desenvolvimento desses conteúdos – envolvendo a ação e a aprendizagem de procedimentos – se houver a ação do estudante durante a resolução de um problema [...] (AZEVEDO, 2004, p. 21)

O desafio é buscar nas aulas de ciências a harmonia entre os conceitos, procedimentos e atitudes. O que são normalmente trabalhados são os conceitos em detrimento dos procedimentos e atitudes.

Para darmos maior peso aos conteúdos procedimentais e atitudinais e equilíbrio destes com os conteúdos conceituais precisamos, invariavelmente, dar mais tempo e atenção aos procedimentos e atitudes em nossas aulas.

Pozo e Gómez-Crespo (2009) lecionam que a educação deve ter como objetivo, em todos os âmbitos, o desenvolvimento da capacidade autônoma dos alunos, sendo esse desenvolvimento um ponto fundamental na perspectiva de ensino por investigação

Essa estratégia pode englobar quaisquer atividades (experimentais ou não), desde que elas sejam centradas no aluno, propiciando o desenvolvimento de sua autonomia e de sua capacidade de tomar decisões, avaliar e resolver problemas, ao se apropriar de conceitos e

teorias das ciências da natureza (SÁ, LIMA, AGUIAR JR., 2011, p. 99)

Assim, trabalhar na perspectiva investigativa de ensino requer que as atividades sejam dimensionadas para que os conceitos, atitudes e procedimentos proporcionem essa capacidade autônoma dos alunos.

2.4 O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

O mundo tem passado por profundas mudanças tecnológicas nas últimas décadas. Várias descobertas da ciência têm influenciado de modo direto a vida de todos nós em nossas relações sociais e em todas as partes do nosso cotidiano, como na escola, em casa, no trabalho ou, até mesmo, no lazer. Dentro desse contexto, a escola deve acompanhar esse desenvolvimento, provendo meios para que os alunos se formem como cidadãos e a partir da apropriação do conhecimento científico possam entender, interferir e problematizar as implicações dessas transformações sociais em suas vidas.

A Física é uma das áreas da chamada ciências da natureza que tem influenciado diretamente esse progresso científico que temos vivenciado. Com seus conceitos e leis, ela tem dado base a outras áreas do conhecimento humano. Nesse sentido, a Física trabalhada nas escolas deve proporcionar aos alunos muito mais do que conhecer fórmulas ou leis, mas, também, dar condições para ele se aproprie socialmente dessa revolução científica.

Documentos oficiais, tais como, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (BRASIL, 1996) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) quando tratam do Ensino Médio, deixam claro a orientação que no Ensino Médio deve-se levar à compreensão dos fundamentos científicos-tecnológicos, permitir ao aluno a interpretação dos fatos, processos e fenômenos naturais.

[...] Apresentar uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado. Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada. Ou seja, feitas as investigações, abstrações e generalizações potencializadas pelo saber da Física, em sua dimensão conceitual, o conhecimento volta-se novamente para os fenômenos significativos ou objetos tecnológicos de interesse, agora com um novo olhar, como o exercício de utilização do novo saber adquirido, em sua dimensão aplicada ou tecnológica [...] (Brasil, 1998, p. 23).

Mas como fazer isso se a Física ensinada nas escolas, predominantemente, ainda continua sendo a construída e desenvolvida entre 1600 e 1850?

Pereira, Ostermann e Cavalcanti (2009) concluem que há consenso entre os pesquisadores que o currículo dos cursos de Física do nível médio deve ser atualizado para que haja a inclusão da Física Moderna e Contemporânea, mas não há consenso sobre como essa atualização deve ocorrer.

Sanches (2006, p.16) destaca que “[...] para cumprir o que é estipulado pela LDB e proposto pelos PCNs, a escola de nível médio deve propiciar a seus alunos diversos tópicos de Física Moderna e Contemporânea[...]”.

Concordamos com Terrazan (1992) quando diz que os nossos currículos de Física são muito pobres e semelhantes. Eles se concentram nos tópicos de Física que, em geral, priorizam e se reduzem aos mesmos temas como Cinemática, Leis de Newton, Termologia, Ótica Geométrica, Eletricidade e Circuitos Simples.

Estamos no século XXI e continuamos ensinando a física do século XIX em nossas escolas. Excluindo o conhecimento produzido por quase dois séculos e que tem sido fundamento de boa parte dessa revolução tecnológica em que estamos envolvidos. Alvetti (1999) considera que a Física Moderna e Contemporânea (FMC) compreende dois períodos de desenvolvimento: Física Moderna (correspondente ao período que vai do final do século XIX até a 2ª guerra mundial) e Física Contemporânea (década de 1940 em diante).

A FMC, de modo geral, não tem atingido nossos estudantes e já em 1992 Terrazan questionava sobre o atraso e descompasso da Física escolar com o mundo atual do aluno, considerando que a Física considerada Moderna e os mais recentes desenvolvimentos da Física Contemporânea não atingiam os alunos.

[...] A influência crescente dos conteúdos de FMC para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau (TERRAZAN, 1992, p. 210)

A inserção de uma Física mais atual não se tornou uma opção, mas uma necessidade (REZENDE JÚNIOR; DE SOUZA CRUZ, 2005), sendo que Alvetti (1999), através de uma revisão bibliográfica, destaca a preocupação de alguns pesquisadores em incluir conhecimentos contemporâneos de física, inclusive na formação de professores.

Ostermann e Moreira (2000), também através de uma extensa revisão bibliográfica, destacam várias justificativas para que a FMC seja inserida nos currículos e aulas de Física.

Dentre elas destacam-se:

§ despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;

§ os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;

§ é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;

§ é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;

§ Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la. (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p. 24)

Já Torres, citado por Ostermann e Moreira (2000), enumera que ensinar FMC na escola pode: 1 - conectar o aluno com sua própria história, 2 - dar a ele proteção contra pseudociências, charlatinismo pós-moderno e obscurantismos, 3 - mostrar múltiplas e claras aplicações tecnológicas, 4 - localização do ser humano na escala temporal e 5 - espacial da natureza e por sua beleza e inseparabilidade da cultura.

Ostermann e Moreira (2001), através de uma pesquisa realizada ao longo de três anos que seguiu as etapas de seleção de tópicos, elaboração de materiais didáticos, preparação de professores em formação inicial e implementação em sala de aula, destacam que para avançarmos na atualização dos currículos é necessária uma maior quantidade de materiais acessíveis ao professor e que sejam ligados aos cursos de formação docente.

Ainda dialogando com Ostermann e Moreira (2001) podemos perceber com seus resultados que é um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprenderem Física Contemporânea no ensino médio, pois a questão está em como abordar esses assuntos.

Entretanto, alguns autores como Pinto e Zanetic (1999) e Terrazan (1994) destacam que não se trata apenas de acrescentar os conteúdos de FMC e estes serem trabalhados como tradicionalmente se faz com os outros conteúdos. É preciso buscar a melhor vertente metodológica para a inserção desses conteúdos (TERRAZAN, 1994).

Nossa pesquisa está ligada à Física Moderna pelos motivos expostos e pensando na vertente metodológica para inserção desse tema elegemos a abordagem investigativa. Do ponto de vista da organização do ensino partimos da dualidade onda-partícula, percorremos a interação da radiação com a matéria e alcançamos o ensino do tópico efeito fotoelétrico.

3. OBJETIVOS DA PESQUISA

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o processo de construção de conceitos científicos em aulas de Física fundamentadas no ensino por investigação.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Desenvolver uma unidade de ensino investigativa com abordagem temática do Efeito Fotoelétrico.
- II. Compreender os sentidos produzidos pelos estudantes sobre os conceitos de efeito fotoelétrico compartilhados na sala de aula.
- III. Analisar como as interações discursivas dos alunos e professor podem contribuir para a aprendizagem de procedimentos e atitudes

4. METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A pesquisa pode ser compreendida como capacidade de elaboração própria, descoberta e criação, capacidade de questionamento ou diálogo (DEMO, 1991). A atividade científica busca dar sentido à realidade e essa descoberta ocorre através de questionamentos em que haverá busca de informações, levantamento das hipóteses e evidências, confronto e análise de dados e conhecimento teórico acumulado (DEMO, 1991; LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

As pesquisas relacionadas ao ensino, até por volta da década de 1970, eram quase exclusivamente voltadas a dados estatísticos que estudavam a evasão, mas não se refletia sobre as causas do fracasso escolar (MACHADO, 2010). A partir da década de 1980 começa a ocorrer um aumento significativo nas pesquisas que adotaram metodologias de cunho qualitativo (WARDE, 1992).

A nossa pesquisa teve por base a abordagem qualitativa, que de certa forma busca superar a ideia da ciência pronta, acabada e inquestionável (SCARPA e MARANDINO, 1999). Nesse tipo de pesquisa os dados são obtidos mediante contato direto e interativo com a situação objeto de estudo e o pesquisador procura entender os fenômenos segundo a perspectiva dos participantes e, a partir daí, busca a interpretação dos fenômenos estudados.

André (1995) nos diz que a abordagem qualitativa é chamada de naturalista ou “naturalística” porque não envolve a manipulação de variáveis, nem tratamento experimental e trata-se do estudo do fenômeno em seu acontecer natural. A chamada pesquisa qualitativa se contrapõe à quantitativa, pois esta divide a realidade em unidades passíveis de mensuração, realizando um estudo isolado. André (1995) defende uma visão holística dos fenômenos, buscando levar em conta todos os componentes em uma situação com todas as suas interações e influências.

Dentro da abordagem qualitativa, consideramos esta investigação como estudo de caso que Gil (2008, p.58) descreve como um “[...] estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a permitir seu conhecimento amplo e detalhado [...]”.

[...] o estudo de caso é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência. (Yin apud Gil, 2008, p. 58).

Considerando essa caracterização, nosso estudo foi elaborado relacionando-o à ementa de Física do curso Técnico em Edificações integrado ao ensino médio do Instituto Federal em que a intervenção foi realizada. Essa ementa de curso seguia praticamente o roteiro tradicional dos livros didáticos da segunda série. Então, realizamos um estudo prévio de Ondulatória até uma caracterização mais aprofundada sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas.

Esse estudo prévio foi realizado com aulas expositivas e dialogadas nas quais os alunos tiveram um estudo conceitual mais aprofundado. A partir desse ponto, nosso ambiente de aprendizagem foi desenhado com o intuito de trabalharmos atividades investigativas, para posteriormente analisarmos como se deu a contribuição desse ambiente para o favorecimento da construção do conhecimento científico pelos alunos.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO E SUJEITOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Nossa pesquisa foi conduzida no Instituto Federal do Estado do Espírito Santo (IFES) - campus Colatina, localizado na Av. Arino Gomes Leal, 1700 - Santa Margarida.



Figura 4.2.1: IFES, campus Colatina, ES-Brasil (Fonte: internet).

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Ifes é uma instituição de educação superior, básica e profissional, pluricurricular, multicampi e descentralizada, especializada na oferta de educação profissional e tecnológica nas diferentes modalidades de ensino. Dentre os objetivos do Ifes, destacam-se o oferecimento de educação profissional técnica de nível médio e educação superior; a realização de pesquisas aplicadas, estimulando o desenvolvimento de soluções científicas, técnicas e tecnológicas; e o desenvolvimento de atividades de extensão de acordo com os princípios e finalidades da educação profissional e tecnológica, em articulação com o mundo do trabalho e os segmentos sociais, e com ênfase na produção, no desenvolvimento e na difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos.

Atualmente o Ifes possui 19 campi em funcionamento e dois em construção, estando presente em todas as 10 microrregiões do Estado do Espírito Santo, sendo este um diferencial da Instituição em relação a única universidade pública do estado que é polarizada em três macrorregiões do Espírito Santo. O Ifes oferta atualmente 91 cursos técnicos, 36 cursos superiores, 08 Pós-graduações *lato sensu* e quatro Pós-graduações *strictu sensu*, com cerca de 3.000 servidores, sendo mais de 400 doutores e 700 mestres além de mais de 16.000 alunos distribuídos em cursos presenciais e a distância.

O Instituto tem apoiado a pesquisa aplicada e a extensão tecnológica em todas as áreas do conhecimento, obtendo resultados importantes, tais como a captação de recursos externos de agências e empresas como o CNPq, CAPES, Fapes, Facitec e Petrobras, além do investimento com recursos próprios em programas de apoio a pesquisa e pós-graduação. O Ifes conta ainda com uma Agência de Inovação própria (Agifes) que cumpre as atribuições de Núcleo de Inovação Tecnológica - NIT, com o objetivo de estimular, gerir e apoiar atividades voltadas para a propriedade intelectual, o empreendedorismo tecnológico e a inovação no Ifes.

Além disso, os projetos de pesquisa e extensão do Ifes têm possibilitado tanto parcerias com instituições do próprio estado como internacionais como o Environment Canada e Canadian Rivers Institute, do Canadá, o Cawthron Institute da Nova Zelândia, o Estaleiro Jurong de Singapura dentre outras.

O campus localizado na cidade de Colatina, no qual realizamos a pesquisa, conta, no período diurno, com cursos técnicos integrados ao ensino médio em Edificações e Administração e no período noturno, curso técnico concomitante ao ensino médio em Edificações e Informática. Além destes, há os cursos superiores em Tecnólogo de Saneamento Ambiental, Administração no período noturno e de Arquitetura e Sistema de Informação, ambos no período diurno.

Apesar da diversidade de cursos e turmas existentes no campus, por razões de ementa de curso e objetivos da pesquisa, optamos por delimitar nossa intervenção a duas turmas de 2ª série do ensino médio integrado do turno matutino, no ano de 2014: uma delas (2M06) contava com 33 alunos e a outra (2M08) com 25 alunos, com um total de 58 participantes. Cabe destacar também que eu era o professor dessas turmas e a esta pesquisa foi realizada durante 7 (sete) aulas, aproximadamente duas semanas seguidas.

Os alunos do IFES passam por um processo seletivo para estudarem na instituição e, em geral, têm um conhecimento matemático considerado razoável pela maioria dos professores. Isto se traduz em alunos bem treinados para

resolução de exercícios de Física que envolvam bastantes cálculos, mas não necessariamente em questões que fujam desse padrão e focalizem as aplicações dos princípios e conceitos da Física, como realizado na intervenção descrita por esse trabalho.

Outro ponto importante a destacar é que, por procedimentos éticos, todos os sujeitos participantes autorizaram a realização da pesquisa através do Termo de Livre Consentimento e Esclarecido (apêndice I) e tiveram suas identidades preservadas através de nomes fictícios, de modo que não seja possível a identificação dos mesmos e as informações fornecidas pelos alunos foram usadas única e exclusivamente para a realização desse estudo.

Com autorização da instituição e considerando o planejamento anual dos cursos e o respeito a ele com os conteúdos e atividades previstas no projeto pedagógico de curso (PPC) da Instituição, planejamos e aplicamos uma sequência didática (detalhada na seção seguinte) sob a perspectiva investigativa de ensino para desenvolvimento de nossa intervenção.

4.3 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Em nossa pesquisa apresentamos a proposta de uma Sequência de Ensino Investigativa (CARVALHO, 2013) para desenvolvimento de nossa sequência didática. Nas palavras da autora, uma SEI é composta de

[...] sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada uma das atividades é planejada, sob o ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discutí-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. (CARVALHO, 2013, p. 8)

Carvalho (2013) define que uma SEI deve ter algumas atividades-chave para que ela atenda a seus objetivos. Uma SEI, geralmente, inicia-se com um

problema que pode ser tanto experimental quanto teórico de forma contextualizada, de maneira que o aluno seja introduzido no tópico desejado e ele obtenha as condições necessárias para pensar e trabalhar com as variáveis que são importantes no trato do fenômeno científico alvo de ensino. Após essa primeira atividade Carvalho (2013) indica que se deve ter uma atividade de sistematização do conhecimento, preferencialmente, por meio de leitura de um texto escrito para que os alunos discutam novamente o que fizeram e pensaram na primeira atividade e comparem com o relato do texto. A terceira atividade proposta deve ser uma que promova a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, o que é importante para que eles percebam e sintam a importância do conhecimento construído do ponto de vista social. Por fim, uma atividade avaliativa², aliada a uma nova postura de conceber a avaliação por parte do professor, é importante ao fim de cada ciclo que compõe uma sequência de ensino investigativa.

Faremos uma breve discussão sobre nossa SEI, de modo que esteja relacionada aos conteúdos de aprendizagem a serem desenvolvidos em cada uma das atividades propostas e, também, de acordo com o objetivo de ensino de cada atividade. Também discutiremos sobre os materiais curriculares e seu uso em nossa sequência de ensino.

4.3.1 O Conteúdo da aprendizagem e o objetivo de ensino

A ideia de conteúdo de aprendizagem no currículo escolar ganha novas dimensões se considerarmos não somente a dimensão conceitual de aprendizagem, mas também as dimensões procedimental e atitudinal (AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2004; ZABALA, 1998).

² Optamos nesse trabalho por não descrever uma atividade avaliativa específica, pois o professor, ao desenvolver as atividades propostas nesse trabalho poderá/deverá preparar a avaliação conforme os conteúdos que ele queira potencializar e avaliar.

Isso não significa que os conteúdos conceituais tenham perdido sua importância na aprendizagem ou se tornaram menos importantes. Na verdade, ao buscarmos no processo de ensino e aprendizagem escolar a formação integral dos alunos e não somente o desenvolvimento das capacidades cognitivas relacionadas à aprendizagem das disciplinas tradicionais (ZABALA, 1998), os conteúdos de aprendizagem, procedimental e atitudinal, ganham outra dimensão, tornam-se tão relevantes quanto os conceitos e fatos estudados tradicionalmente.

Portanto, Zabala (1998) destaca que os conteúdos de aprendizagem não se reduzem a aqueles que contribuem unicamente para uma disciplina ou matéria tradicional, mas, também, será todo aquele que possibilite o desenvolvimento das capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social.

Embora o conteúdo que se trabalha em sala de aula esteja relacionado a diferentes tipologias quer seja conceitual, procedimental ou atitudinal, estas não são ensinadas ou aprendidas de maneira isolada, pois constituem as faces de um mesmo poliedro (ZABALA, 1998). Ou seja, segundo o autor, ao se ensinar um determinado conteúdo, por mais específico que o mesmo seja, ele será associado e aprendido junto com conteúdos de outra natureza. Logo, as atividades de aprendizagem propostas na sequência de ensino desta pesquisa não se relacionam a apenas um tipo de conteúdo. O que ocorre é que, conforme a atividade proposta, um destes conteúdos pode ficar mais evidente, contudo, os outros também serão potencializados de alguma forma já que as atividades de aprendizagem são substancialmente diferentes, conforme a natureza dos conteúdos (SOUZA, 2014).

Por exemplo, em uma aula de Física, quando trabalhamos o efeito fotoelétrico, normalmente, os alunos já estudaram os conceitos de energia e frequência. Estes conceitos, que são inicialmente estudados em Física Clássica, são revistos e os alunos podem realizar procedimentos, tais como inferir, calcular ou, até mesmo, manipular um experimento que confirme a relação entre essas

grandezas. Além disso, no estudo do efeito fotoelétrico, trabalhamos com uma superfície que recebe uma radiação eletromagnética. Ao proceder, por exemplo, uma simulação computacional do efeito fotoelétrico o aluno pode analisar quais os efeitos de radiações de diferentes frequências e materiais diferentes para ocorrência do efeito. Ao passo que os alunos possivelmente já conseguem relacionar o papel, ou importância, da radiação e superfície metálica para existência do efeito fotoelétrico e, em momento posterior, proceder a comunicação de suas hipóteses e conclusões sobre a interação da radiação com a matéria e, também, terem a atitude de ouvir e respeitar a hipótese de seu colega para que cheguem a uma conclusão final sobre qual tipo de superfície (material) e radiação podem facilitar a ocorrência do efeito em questão.

O modo de se aprender sobre energia não se dá da mesma forma que o entendimento sobre a frequência da radiação, assim como é diferente o aprendizado sobre como se dá a interação da radiação com a matéria, portanto, o planejamento de cada atividade deve ser relacionado ao objetivo de aprendizagem que se pretende alcançar no estudo de cada conteúdo.

4.3.2 *Os materiais curriculares e seus usos*

Quando planejamos as dinâmicas das aulas, como e quais os conteúdos serão trabalhados e os objetivos a serem alcançados com tais ações, invariavelmente, estamos procurando estratégias de ensino que proporcionem melhores caminhos para a aprendizagem. Portanto, essas ações não podem ser desordenadas e realizadas de forma impensada, ficando sujeitas a um momento de “insight” do professor na hora de sua aula. Nesse contexto, de ações planejadas para o ensino e a aprendizagem, é que surgem os materiais curriculares, suas diferentes formas e apresentações e como se dá o uso dos mesmos em cada momento da intervenção pedagógica utilizada ou pensada.

Os materiais curriculares ou materiais de desenvolvimento curricular são todos aqueles instrumentos que proporcionam ao educador referências e critérios para tomar decisões, tanto no planejamento como na intervenção direta no processo ensino/aprendizagem e em sua avaliação. (ZABALA, 1998, p. 167)

Zabala (1998, p.168) considera ainda que os materiais curriculares são “[...] aqueles meios que ajudam os professores a responder os problemas concretos que as diferentes fases dos processos de planejamento, execução e avaliação lhes apresentam.” Em nossa intervenção, que contempla a abordagem do ensino por investigação, desenvolvemos uma Sequência de ensino Investigativa com diferentes atividades investigativas (texto, simulação computacional, demonstração investigativa, texto de sistematização do conhecimento) sobre o tema “Efeito Fotoelétrico”. Ela foi planejada contemplando atividades que envolvem participação ativa e direta dos alunos em seus diversos momentos.

Pensando na interação entre os alunos e entre mim e eles, essas atividades foram desenvolvidas em grupo de alunos, tendo cada tipo de atividade diferentes funções (propor, orientar, exemplificar, etc). Isto se relaciona diretamente com a tipologia dos conteúdos (conceitual, procedimental e atitudinal) que queríamos abordar ou, melhor, enfatizar em cada tipo de atividade investigativa para posterior análise.

Outro ponto pensado foi: *“Qual suporte consideramos conveniente para cada tipo de atividade investigativa proposta?”*. Pensando assim, procuramos, em cada atividade, utilizar suportes de diferentes tipos e formas (quadro branco, textos de livros impressos, simulação computacional, experimento, multimídia, etc) de modo que eles pudessem potencializar a relação entre ensino e aprendizagem.

A Sequência de Ensino Investigativa, que será detalhada na próxima seção, constitui, portanto, o *produto do mestrado profissional* que foi desenvolvido especificamente para essa pesquisa.

4.3.3 Estrutura da sequência de ensino investigativa

Em geral, o efeito fotoelétrico só é trabalhado como conteúdo de ensino ao final da 3ª série do ensino médio, após serem tratados a eletricidade e o magnetismo. Só aí, ao ser trabalhada a Física Moderna, é que a ideia da dualidade onda-partícula surge e se procura fazer uma ponte entre as teorias ondulatória e corpuscular da luz.

Surgem aí, a nosso ver, rapidamente dois problemas. Primeiro como esse conteúdo é trabalhado, em geral, só ao fim do ano letivo, ele muitas vezes é suprimido por falta de tempo ou, se trabalhado, é dado de modo bem rápido e superficial, não havendo tempo para uma discussão e análise mais profunda do tema, caindo na rotineira relação *professor transmissor versus aluno receptor* do conhecimento (AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2004), sem haver uma construção coletiva e dialógica do tema. Em segundo lugar, como os alunos estudam o tema ondas na 2ª série do ensino médio, os conteúdos efeito fotoelétrico e ondulatória parecem, a priori, não guardar correlação entre si, dando a entender que o conhecimento científico construído ao longo da história são compartimentados como em caixas separadas e não guardam, a princípio, relação entre si.

Procuramos superar esses problemas e levando em consideração essas dificuldades, no trabalho com duas turmas da 2ª série do ensino médio que já tinham estudado sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas, decidimos por uma proposta que desse a fluidez necessária à construção do conhecimento, unindo os temas ondulatória e efeito fotoelétrico através da ideia da dualidade onda-partícula.

Então, nossa Sequência de Ensino Investigativa, que será o produto final de nosso trabalho e que se encontra no apêndice II, é composta por um caderno com atividades investigativas diversas que tem seu ápice no Efeito Fotoelétrico, partindo de uma visão ondulatória do comportamento da luz e passando pelo “problema” da dualidade onda-partícula.

Cada atividade foi planejada buscando contemplar a perspectiva investigativa de ensino. Isto significa que os alunos foram participantes ativos em cada atividade, foram levados a interagir entre si e também com o suporte educacional utilizado na atividade. Nessas atividades procurei atuar na mediação das relações na realização das atividades. Nesse sentido, Driver *et al* (1999) destacam que o professor, sendo a autoridade em sala, tem dois papéis importantes: primeiro atuar no fornecimento de novas ideias ou ferramentas culturais quando necessário, fornecendo apoio e orientação aos estudantes para que eles próprios deem sentido a essas ideias e, em segundo lugar, ouvir e diagnosticar a maneira como as atividades instrucionais estão sendo interpretadas no sentido de dar suporte para as próximas ações nas atividades.

Procuramos, também, que as atividades fossem problematizadoras, levassem os alunos a refletirem e questionarem sobre o problema, provocando a busca de uma solução através do lançamento hipóteses, planejamento de suas ações, coleta e organização dos dados obtidos e, por fim, relatar e explicar seus resultados (AZEVEDO, 2004).

Considerando que as atividades investigativas não têm uma única forma de apresentação, portanto, podem ser de diferentes configurações (AZEVEDO, 2004; SÁ *et al*, 2007; MUNFORD e LIMA, 2007; ZOMPERO e LABURU, 2011) e buscando trabalhar no formato de uma SEI (CARVALHO, 2013), realizamos, no âmbito dessa pesquisa, uma intervenção composta por seis atividades que são apresentadas, de modo geral, no quadro 4.3.3.1 e de no apêndice II de modo completo.

Dentre essas atividades desenvolvidas, apenas nas aulas em que foram realizadas a simulação computacional (atividade 3) e a demonstração investigativa do relê fotoelétrico (atividade 5) foram filmadas e gravadas em áudio e vídeo – embora nossa intenção inicial fosse realizar a gravação de todas as atividades. Isto se deu, na verdade, em razão de dificuldade no apoio

operacional, pois o funcionário responsável pela área técnica de gravação ou o equipamento nem sempre se encontravam disponíveis.

	FORMATO (TIPO)	MATERIAL CURRICULAR	OBJETIVOS de APRENDIZAGEM	DURAÇÃO
ATIVIDADE 1	Problema investigativo	Texto impresso e projeção estática	Investigar a interação da radiação eletromagnética com a matéria	1 aula
ATIVIDADE 2	Problema investigativo	Texto impresso	Identificar possíveis relações ou diferenças entre a teoria ondulatória e corpuscular da luz.	1 aula
ATIVIDADE 3	Texto de sistematização	Texto impresso	Estabelecer as bases da explicação e entendimento do efeito fotoelétrico	1 aula
ATIVIDADE 4	Simulação computacional investigativa	Applet simulador	Compreender quais fatores são responsáveis pela ocorrência do efeito fotoelétrico	2 aulas
ATIVIDADE 5	Demonstração investigativa	Experimento	Investigar a relação entre a radiação luminosa e o efeito fotoelétrico	1 aula
ATIVIDADE 6	Texto de sistematização	Texto impresso	Compreender a importância do efeito fotoelétrico através de exemplos de aplicações	1 aula

Quadro 4.3.3.1: Quadro-resumo das atividades realizadas

Vários materiais curriculares foram usados como suportes ou recursos educacionais (ZABALA, 1998) em nossa pesquisa. Além dos textos impressos que em nossa intervenção foram retirados de livros e da internet, fizemos uso também de um applet simulador das condições de ocorrência do efeito

fotoelétrico, que se encontra disponível de forma gratuita no site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric, que apresentamos na figura 4.3.3.1. Este simulador tem a vantagem de conseguirmos simular de forma gratuita um experimento que é de custo relativamente alto, além de podermos testar, de forma rápida e simples, várias configurações diferentes no mesmo aparato.

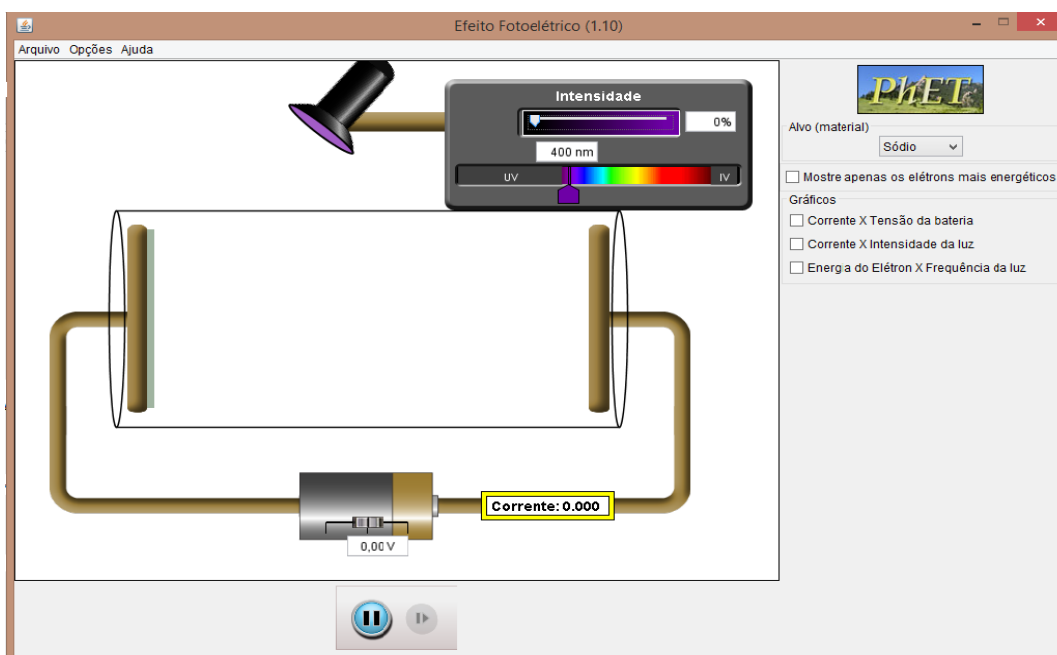


Figura 4.3.3.1: applet simulador do efeito fotoelétrico

Nas figuras 4.3.3.2 e 4.3.3.3 apresentamos outro recurso didático utilizado durante a intervenção: um aparato experimental de baixo custo. Este, basicamente, é composto de uma base de madeira, um relê fotoelétrico com suporte metálico, bocal, uma lâmpada incandescente e fio longo com plug conector, construído pelo professor para a atividade de demonstração investigativa.

Um relê fotoelétrico é um dispositivo utilizado largamente nas redes de iluminação pública e a presença dele nos postes é para que haja o acendimento ou desligamento automático das lâmpadas, de acordo com a iluminação do dia. Ele traz em sua montagem um semicondutor que varia de

resistência elétrica conforme a iluminação que recebe do ambiente e, consequentemente, ao permitir ou não a passagem da corrente elétrica por ele, pode acionar o acendimento ou desligamento da lâmpada.

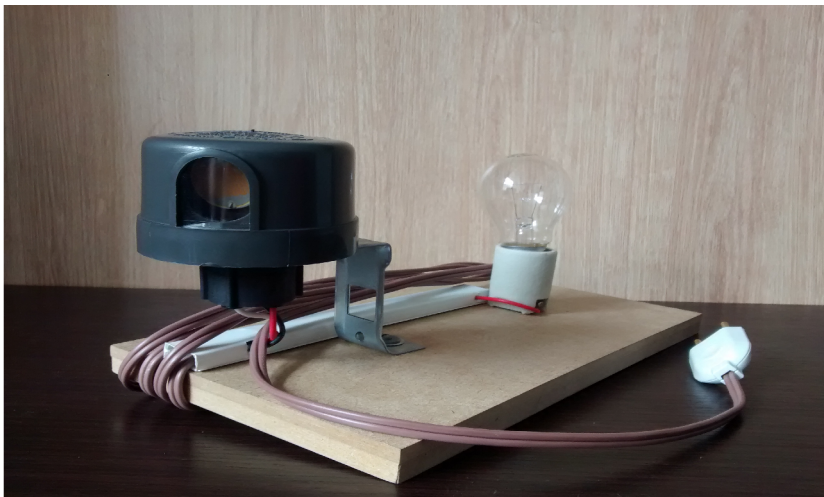


Figura 4.3.3.2: aparato experimental utilizado na demonstração investigativa – visão frontal

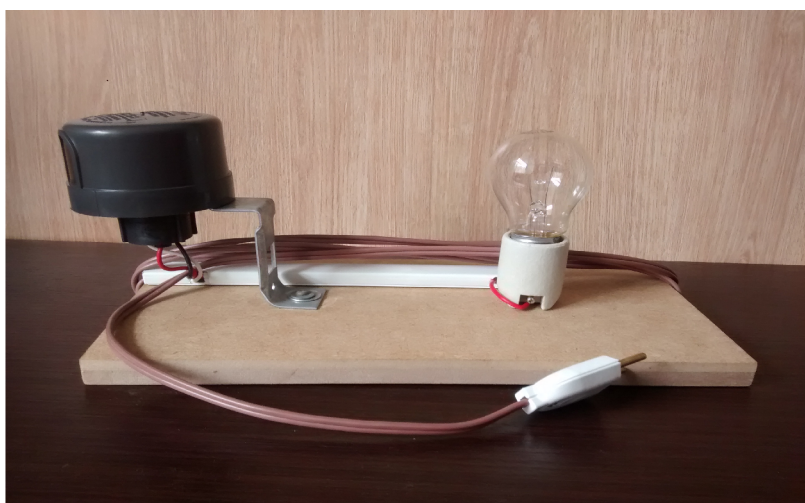


Figura 4.3.3.3: aparato experimental utilizado na demonstração investigativa – visão lateral

Apesar de no campus do Instituto Federal em que foi realizamos nossa intervenção ter um laboratório com kits experimentais de Física, nenhum deles era relacionado à Física Moderna ou contemplava a nossa proposta, portanto, tornou-se uma necessidade a construção do experimento relê fotoelétrico.

Então, para realização da demonstração investigativa e como não tinha material disponível no campus, precisei comprar todo o material para a montagem e preparação da demonstração investigativa. Mas isso não foi problemático devido ao baixo custo financeiro para aquisição e todo material utilizado ser, de certa forma, barato e facilmente encontrado em loja de material elétrico ou de construção (apenas a base de madeira que foi adquirida em loja de móveis em MDF).

4.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS NA COLETA DOS DADOS

Todos os dados coletados e analisados foram obtidos nas atividades investigativas trabalhadas durante as aulas de Física em que a intervenção foi realizada. Buscamos na realização das atividades evidências sobre a construção de conceitos científicos e quais procedimentos e atitudes dos estudantes foram potencializados.

As atividades foram desenvolvidas, de modo geral, em sala de aula e em pequenos grupos, com exceção da atividade de simulação computacional em que os alunos foram levados para um dos laboratórios de informática da escola e lá foram divididos em duplas ou trios, por computador, para desenvolverem a atividade.

Nossas atividades investigativas foram planejadas e aplicadas para que a nossa sequência didática ficasse dividida em dois ciclos. No primeiro, que engloba as 3 primeiras atividades, a 1ª e 2ª atividades foram do tipo questões abertas (AZEVEDO, 2004) e a 3ª foi uma atividade de sistematização do conhecimento, sendo todas elas registradas em textos escritos pelos alunos divididos em grupos de 4 ou 5 alunos.

No segundo ciclo de nossa sequência de ensino investigativa, realizamos novamente 3 atividades. A 1ª foi uma simulação computacional do efeito fotoelétrico e que os alunos, 2 ou 3 por computador, verificavam quais as

condições para ocorrência do efeito. A 2ª atividade foi uma demonstração investigativa (AZEVEDO, 2004, CARVALHO, 2013) realizada em sala de aula, gravada em áudio e vídeo para análise posterior. Encerrando esse ciclo propusemos uma atividade de sistematização do conhecimento, através de texto retirado da internet, na qual os alunos e eu tivemos a oportunidade de discutir em conjunto diversas aplicações tecnológicas relacionadas ao efeito fotoelétrico.

4.4.1 Dados utilizados para análise do processo de construção dos conceitos científicos e o desenvolvimento de procedimentos e atitudes.

A 1ª atividade de nossa intervenção era do tipo questão aberta e possuía duas situações-problema a serem resolvidas pelos alunos. A segunda situação dessa atividade é mostrada na figura 4.3.2.5 abaixo e estava relacionada diretamente com um relê fotoelétrico utilizado em postes para acendimento ou desligamento automático da rede de iluminação pública.

Nessa primeira atividade os alunos produziram um texto em que apresentavam suas concepções ao lançarem suas hipóteses para resolução do problema.

Na 2ª atividade do segundo ciclo, filmada em áudio e vídeo, retomamos o relê fotoelétrico com uma demonstração investigativa (ver figuras 4.2.3.3 e 4.2.3.4 da seção 4.2.3) e buscamos analisar os sentidos produzidos pelos estudantes (LIMA, AGUIAR JR e DE CARO, 2011) ao longo da intervenção, com destaque para o levantamento e teste de hipóteses por parte dos alunos durante a realização da demonstração investigativa.

As duas atividades acima destacadas se relacionam, pois ambas são sobre o relê fotoelétrico e elas foram utilizadas na análise da construção do conceito fotoelétrico.

Outra situação extremamente comum em nosso dia-a-dia é o acendimento automático das lâmpadas nos postes de iluminação pública ao entardecer do dia e o desligamento, também automático, dessas lâmpadas ao amanhecer.



Acessado em 20/10/2014
<http://suacidade.com/20130915/avanca-sao-luis-investe-na-iluminacao-publica-136-mil-luminarias-devem-ser-substituidas-ate>



Acessado em 20/10/2014 <http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2013/11/prefeitura-contratara-empresa-para-assumir-iluminacao-publica-em-mg.html>

Mais uma vez o grupo deve se reunir e argumentar sobre as possíveis causas desse funcionamento automático. Após o grupo levantar suas hipóteses, deve redigir um texto (aproximadamente, 15 linhas) explicando a solução encontrada para o problema.

Figura 4.3.2.5: atividade 1 realizada no início da intervenção investigativa.

Apesar de nossa intervenção ter sido realizada em duas turmas, 2M06 e 2M08, aprofundamos nossa análise das dimensões atitudinal e procedimental da aprendizagem na atividade de demonstração investigativa realizada junto à turma 2M08, pois a mesma foi gravada em áudio e vídeo com melhor qualidade e os alunos foram mais ativos na realização da atividade proposta, o que nos deu uma boa possibilidade de percebermos muitas das ações desenvolvidas pelos alunos e que podem ser indicadoras da aquisição de procedimentos e atitudes ao longo da intervenção. Outra razão importante para utilização especificamente de uma turma é o tempo disponível para análise das atividades e a quantidade de dados gerados.

4.5 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

Nesta parte indicaremos como procedemos a análise dos dados obtidos e em que base nos apoiamos para investigar como se desenvolveu a aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes durante a intervenção pedagógica.

4.5.1 Método de análise dos dados do processo de construção dos conceitos científicos

Nosso processo de análise interpretativa-argumentativa será construído a partir das falas e interações entre os alunos e entre mim e eles. Buscamos, a partir dos enunciados, os sentidos produzidos nessas interações em relação aos conceitos referentes ao efeito fotoelétrico.

Nossa proposta de pesquisa é pautada por uma visão sociocultural, na qual as interações produzidas em sala de aula entre os alunos, entre mim e eles e também com os objetos de aprendizagem é crucial para compreendermos de forma mais efetiva como os processos de aprendizagem podem ocorrer afetando, conseqüentemente, as relações de ensino.

Partindo da consideração que o discurso do aluno não é propriamente dele, mas produzido socialmente e que a linguagem é extremamente pessoal e, ao mesmo tempo, social (TRAZZI, 2015), traremos alguns autores para diálogo em nossa análise que são fundamentados principalmente nos estudos de Vigotski e têm se ocupado de analisar e defender que a abordagem de ensino centrada na aprendizagem individual do aluno é limitada, sendo insuficiente para desenvolver as complexidades das relações que estão envolvidas se considerarmos o processo de aprendizagem realizado em sala de aula (MORTIMER e MACHADO, 2001 *apud* TRAZZI, 2015).

Nesse sentido, a palavra é de extrema importância na formação dos conceitos, sejam eles espontâneos e científicos. E, nessa nossa busca do entendimento sobre como se desenvolveu a aprendizagem conceitual nas interações

discursivas ocorridas nas atividades propostas, principalmente as interações e os discursos ocorridos entre os alunos e entre eles e mim, transcrevemos integralmente as falas da 5ª atividade (demonstração investigativa) para nossa análise.

Então, em nossa análise do processo de construção dos conceitos científicos fundamentada no ensino por investigação, procuramos dialogar com alguns autores como Mortimer e Scott (2002) que trazem o conceito de abordagem comunicativa em sala de aula, caracterizando os discursos produzidos em sala de aula em duas dimensões: discurso dialógico ou de autoridade; discurso interativo e não interativo (dimensões essas que podem ser combinadas entre si, formando quatro classes de abordagem comunicativa).

Como trabalhamos nessa pesquisa com um tópico de Física Moderna, especificamente o efeito fotoelétrico, consideramos pertinente, nesse sentido, nos apropriarmos das contribuições de Pereira, Ostermann e Cavalcanti (2009) que, pautados em Mortimer e Scott (2002), consideram 4 aspectos da abordagem comunicativa: (1) o uso das falas como mediadora das ações dos alunos; (2) o nível de colaboração dos alunos com parceiros mais capazes; (3) o uso da linguagem como mediadora como expressão das relações e lutas sociais; (4) a abordagem comunicativa dos enunciados.

Consideramos também em nossa análise as lições que Driver *et al* (1999) nos trazem sobre como o conhecimento científico é construído socioculturalmente em sala de aula e também as contribuições de Trazzi (2015) nessa perspectiva.

Por fim, destaco que a aula em que realizamos a demonstração investigativa foi separada em episódios³ na sequência linear exata como ocorrida em sala de aula.

³ Mortimer *et al* (2007, p. 55) definem episódio como “[...] um conjunto coerente de ações e significados produzidos pelos participantes em interação, que tem um início e fim claros e que pode ser facilmente discernido dos eventos precedente e subsequente[...]”.

Essa separação em episódios se justifica por entendermos que em determinados momentos da aula as ações promovidas nela estavam mais relacionadas a um determinado fato ou significado.

Optamos também por seções separadas na análise da construção dos conceitos científicos e na análise da aprendizagem procedimental e atitudinal, em razão das categorias e autores utilizados.

4.5.2 Método de análise dos dados para investigar a aprendizagem procedimental e atitudinal

Trabalhando com atividades investigativas a aprendizagem de procedimentos e atitudes se tornam evidentes e relevantes, pois alunos são participantes ativos da investigação, sendo guiados pelo professor (AZEVEDO, 2004). Nesse sentido, buscamos dialogar com alguns autores, em especial Souza (2014) e Zabala (1998) para entendermos e analisarmos como as interações discursivas ocorridas entre os alunos e entre esses e mim durante a atividade pode contribuir para a aprendizagem de procedimentos e atitudes.

Para analisarmos a aprendizagem procedimental e atitudinal dos alunos destacamos que, como dito anteriormente na seção 4.3.2, utilizamos a atividade “Relê Fotoelétrico” aplicada na turma 2M08 devido a mesma ter sido gravada em áudio e vídeo e posteriormente termos feito as transcrições das falas e análise do vídeo. Portanto, essa gravação e a transcrição das falas tornaram-se importantes ferramentas, considerando que os procedimentos estão ligados ao *saber fazer* e as atitudes são relacionadas ao *saber ser*.

As atitudes e procedimentos serão analisados utilizando-se a categorização produzida por Souza (2014, p.89), mostrada no quadro abaixo, baseada e adaptada de Pozo, Gómez-Crespo (2009).

Tipos de Aprendizagens	Categorias de aprendizagens	Aprendizagens inferidas ao longo da atividade
Atitudinal	Atitudes com respeito à ciência	A1: Ter um posicionamento crítico e investigativo perante situação-problema
	Atitudes com respeito à aprendizagem de ciências	A2: Trabalhar em grupo de forma colaborativa A3: Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças
Procedimental	1. Aquisição da informação	P1: Estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral
	2. Interpretação da informação	P2: Interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos
	3. Análise da informação e realização e inferências	P3: Elaborar Hipóteses P4: Desenvolver/Aplicar modelos explicativos P5: Testar hipóteses
	4. Compreensão e organização conceitual da informação	P6: Realizar inferências P7: Construir sínteses P8: Fazer Generalizações para outros contextos
	5. Comunicação da Informação	P9: Realizar exposição oral P10: Elaborar relatório

Quadro 4.5.2: Procedimentos e atitudes empreendidas em cada episódio. (Produzido por Souza (2014) adaptado a partir de Pozo; Gómez- Crespo, 2009).

Faremos a investigação das atitudes dos estudantes *com respeito à ciência* (A1) e *com respeito à aprendizagem de ciências* (A2 e A3). Importante destacar que as atitudes, dos três tipos de conteúdos de aprendizagem é, possivelmente, o mais difícil de abordar para muitos professores. Pois versam sobre a mudança de comportamento e de valores, referem-se ao “ser” dos estudantes. Eles são conteúdos de natureza implícita, que não são sequenciados como o são os conceitos e não pertencem a uma disciplina específica, sendo voláteis e difíceis de serem sequenciados (POZO; GÓMEZ-CRESPO; 2009).

Em relação à análise dos procedimentos, Souza (2014) esclarece

Em relação à categoria de *procedimentos* (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 e P10), cada procedimento deste está inserido numa categoria mais geral, por exemplo, ‘P3’, ‘P4’ e ‘P5’ estão inseridos na

terceira categoria (*Análise da informação e realização e inferências*, quadro 6). Nessas categorias mais gerais, percebe-se a existência de um aumento de complexidade dos procedimentos. Existe também até certa relação entre esses procedimentos [...].

A princípio, os estudantes interagiram entre si para obter as informações (1. Aquisição da informação), e na tentativa de compreender o fenômeno estudado eles precisavam interpretar a fala do colega, ou do professor (2. Interpretação da informação). A atividade proposta é um problema, e para solucioná-lo eles utilizariam técnicas e elaborariam estratégias (3. Análise da informação e realização de inferências); construiriam modelos para explicar o fenômeno e resolver o problema (4. Compreensão e organização da informação). Ao final, comunicariam as informações obtidas (5. Comunicação da informação). (SOUZA, 2014, p.89)

Assim como fizemos na análise da construção do conhecimento científico, utilizaremos os diálogos produzidos durante a atividade, separados em episódios para fazermos a análise do desenvolvimento dos procedimentos e atitudes nessa seção. Ao identificarmos uma atitude (**A**) ou procedimento (**P**) potencializado utilizaremos a identificação do quadro 4.5.2 acima.

5. ANÁLISE DOS DADOS

5.1 ANÁLISE DO PROCESSO DA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS, ATITUDES E PROCEDIMENTOS

Relato aqui, com os episódios transcritos exatamente na ordem em que aconteceram, o desenrolar da atividade de demonstração investigativa, buscando analisar o processo de construção do conceito efeito fotoelétrico com os estudantes. Também buscarei analisar também quais procedimentos e atitudes foram potencializadas durante a realização da atividade.

Por razão temporal (a atividade foi desenvolvida na segunda quinzena do mês de novembro de 2014, ou seja, bem próximo ao fim do ano letivo) optamos por realizar uma atividade investigativa do tipo Demonstração Investigativa e não uma atividade de Laboratório Aberto (AZEVEDO, 2004). Então, após eu concluir a construção (que durou cerca de uma tarde entre compra de material e montagem) do experimento relê fotoelétrico, ele foi levado por mim para aulas em dias distintos nas turmas 2M06 e 2M08, entretanto a análise aqui descrita será realizada apenas com os dados produzidos na turma 2M08.

Deixamos a turma em sala de aula sem levá-los para o ambiente do laboratório escolar por entendermos que haveria pouca ação manipulativa por parte dos alunos e a atividade de investigação proposta se pauta sob os aspectos de levantamento e teste de hipóteses.

[...] o importante não é a manipulação de objetos e artefatos concretos, e sim o envolvimento comprometido com a busca de respostas/soluções bem articuladas para as questões colocadas, em atividades que podem ser puramente de pensamento [...] (BORGES, 2002, p. 295)

Ao chegar à turma com o experimento, coloquei-o sobre a mesa e liguei na rede elétrica enquanto os alunos apenas observavam.

Após os cumprimentos iniciais, tirei os alunos da tradicional disposição carteiras em sala de aula (fila indiana) e pedi que fizessem uma meia lua para melhor visualização e participação de todos os alunos.

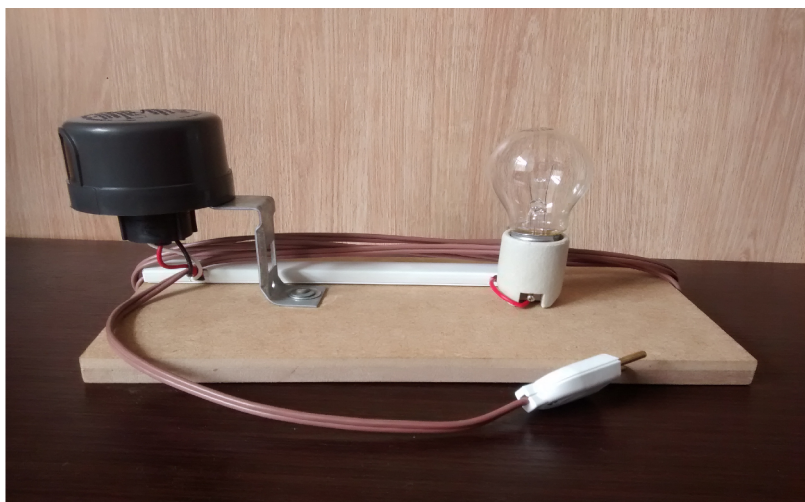


Figura 5.1.1.1: aparato experimental utilizado na demonstração investigativa – visão lateral

Iniciei a atividade lançando um problema e relato a seguir os episódios e suas análises:

EPISÓDIO 1 – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

- ***Pessoal, vocês perceberam o que eu trouxe aqui para vocês?...Eu trouxe um pequeno experimento.***
- ***Alguém tem noção do que é isso?***
- ***Nosso objetivo é acender ou apagar a lâmpada sem tirar da tomada. Como a gente poderia fazer?”***

Quando eu coloco a questão para os alunos e espero que eles comecem a lançar as hipóteses para resolução do problema, busco a “voz” do aluno, numa tentativa de desencadear um processo dialógico na sala de aula. Não estou buscando respostas dadas pelo aluno do ponto de vista científico-escolar, no

qual apenas uma “voz” é esperada, o que caracterizaria uma *abordagem comunicativa de autoridade* (MORTIMER, SCOTT, 2002).

Neste instante inicial da atividade procurei deixar implícito no discurso provocativo uma característica das atividades investigativas: em que o aluno deve interagir com objeto de conhecimento para buscar a solução do problema proposto.

Após esse momento inicial em que provoço a participação dos alunos, eles, que serão identificados por nomes fictícios para preservação de suas identidades, começam a lançar suas hipóteses iniciais para resolverem o problema.

Abaixo segue a transcrição de uma parte do momento seguinte à minha fala inicial:

EPISÓDIO 2 - HIPÓTESES E TESTES INICIAIS

João “– Apaga a luz!!”

Professor – “Apaga a luz?”

Alex – “É, apaga a luz.”

Neste instante, vou até interruptor e desligo as lâmpadas da sala de aula.

Professor – “Não deu certo ainda...”

O aluno João indica sua primeira hipótese para resolver o problema e outro aluno, Alex, procura colaborar (**A2**) com o discurso que João propõe e reforça a hipótese inicial lançada por João.

Com a hipótese os alunos pareciam indicar que sabiam do que se tratava o experimento, pois achavam que simplesmente desligando a iluminação da sala a lâmpada se acenderia automaticamente, talvez como no caso da iluminação do dia pelo Sol.

Nessas hipóteses a fala tem tanta importância quanto à ação manipulativa na execução de uma tarefa (VIGOTSKI, 1994). Como transcrito, testamos a hipótese lançada pelos estudantes, e não ocorreu o resultado esperado. Continuando com nossa abordagem comunicativa dialógica-interativa (MORTIMER, SCOTT, 2002), outras vozes surgem na interação.

EPISÓDIO 3 – O “SENSOR” COMO CONCEITO COTIDIANO

Paulo – “Tá tendo iluminação ainda.”

João – “Dá um tapa no “negócio” aí...”

Alex – “Cobre ele.”

João – “Cobre só o sensor”

No diálogo acima vemos que surgem outras vozes colaborando com a discussão na sala de aula: Paulo se posiciona criticamente (**A1**) perante a situação; Alex elabora uma nova hipótese (**P3**) que é reforçada por João (**A2**). Vemos, no episódio, que primeiro o aluno Paulo percebe que a sala ainda recebe iluminação do Sol através das janelas e conclui o porquê da primeira hipótese não ter dado certo. O aluno João faz inicialmente uma brincadeira, mas, após, lança outra hipótese: existe um “sensor”!!

Percebemos que a palavra sensor foi muito usada na atividade inicial desta intervenção. Entendemos que ele é um conceito espontâneo socialmente aceito e construído.

Os conceitos cotidianos e científicos têm a sua própria gênese, isto é, possuem cada um a seu modo, a sua história que é ou foi construída por homens e mulheres na sua permanente inter-relação com o mundo social. Ambos discorrem sobre aspectos da realidade que podem se tornar mais ou menos corriqueiros, mais ou menos familiares, em contextos específicos de significação. (CREPALDE, AGUIAR JR. 2013, p. 301)

Assim, nos contextos sociais dos alunos que não se relacionam ao aprendizado escolar e científico, esse conceito “sensor” pode ser considerado aceito dentro dessa realidade social e possui significado próprio nesse contexto.

É essa aceitação social desse conceito cotidiano “sensor” que percebemos evidente quando realizamos a atividade 1 (ver figura 5.1.1.2 abaixo) de nossa intervenção e as respostas dadas estão apresentadas nos próximos parágrafos desse episódio¹. Nessa atividade inicial, a turma foi dividida em pequenos grupos, de cinco alunos cada, que deveriam responder a questão:

Outra situação extremamente comum em nosso dia-a-dia é o acendimento automático das lâmpadas nos postes de iluminação pública ao entardecer do dia e o desligamento, também automático, dessas lâmpadas ao amanhecer.



Acessado em 20/10/2014
<http://suacidade.com/20130915/avanca-sao-luis-investe-na-iluminacao-publica-136-mil-luminarias-devem-ser-substituidas-ate>



Acessado em 20/10/2014 <http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2013/11/prefeitura-contratara-empresa-para-assumir-iluminacao-publica-em-mg.html>

Mais uma vez o grupo deve se reunir e argumentar sobre as possíveis causas desse funcionamento automático. Após o grupo levantar suas hipóteses, deve redigir um texto (aproximadamente, 15 linhas) explicando a solução encontrada para o problema.

Figura 5.1.1.2: atividade 1 da intervenção.

¹ Apesar da análise dos dados ser centrada na aula em que a demonstração investigativa com o experimento do relê fotoelétrico foi desenvolvida, julgamos importante apresentar algumas respostas dos estudantes na atividade inicial para que pudéssemos contextualizar como a palavra “sensor” aparece desde o início da intervenção como um conceito espontâneo e permanece evidente nos argumentos de alguns estudantes ao explicar o funcionamento do relê fotoelétrico.

Na figura 5.1.1.3 está representada a resposta dada pelo grupo 1 na atividade 1 da intervenção.

Existe um sensor que capta a luz no poste e conforme a luz do Sol aumenta, ou seja o dia amanhece, a luz do poste diminui gradativamente e o mesmo acontece quando começa a anoitecer, porém a luz é ligada automaticamente e fica ligada até o dia amanhecer.

Figura 5.1.1.3: resposta dada pelo grupo 1 à atividade 1.

Este grupo utiliza o conceito de sensor como um objeto que tem a capacidade de captar a luz do Sol e faz a luz no poste diminuir gradativamente ao amanhecer, mas, ao anoitecer, a luz do poste liga automaticamente, o que sugere que o sensor do poste faz diferentes trabalhos ao amanhecer e ao anoitecer.

A figura 5.1.1.4 já indica uma “interferência” da luz do Sol no sensor que realiza trabalhos inversos ao anoitecer e ao amanhecer.

Isso se deve o fato de que há interferência da luz solar, pois quando os raios solares param de incidir sobre a superfície do local, ativo-se o sensor que acende a luz do poste, portanto quando amanhece ocorre o evento contrário.

Figura 5.1.1.4: resposta dada pelo grupo 2 à atividade 1.


O grupo 3 conclui que o sensor capta luz, mas de forma genérica, tanto que fazem a inferência de que se jogarmos luz à noite sobre o sensor conseguimos apagar a luz. O que foi confirmado durante a realização da demonstração investigativa.

É possível pois existe um sensor no topo do poste que capta a incidência de luz. Ao por do sol a incidência de luz sobre o sensor é menor, o que faz com que o mesmo acenda a luz do poste. Do mesmo modo quando o sol volta a emitir uma luz mais forte o sensor percebe e apaga a luz do poste. É possível ainda em sequência pagando luz sobre o sensor durante a noite, o que faz com que o poste apague a luz.

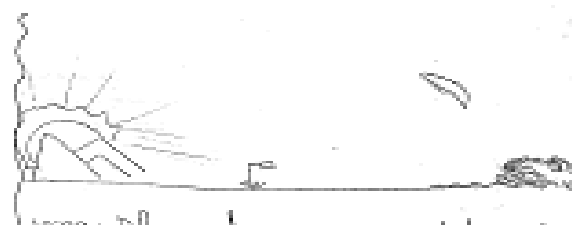
Figura 5.1.1.5: resposta dada pelo grupo 3 à atividade 1.

O grupo 4 foi o que trouxe a resposta mais próxima do que se aceita cientificamente, trazendo o conceito de fotocélula sensível à radiação e luz solar, dando a entender que são diferentes de alguma forma. Esse grupo traz uma relação entre a intensidade das ondas e a potência da lâmpada, fato que testamos durante a demonstração investigativa e não se mostrou uma hipótese a ser confirmada.

Os postes e luminárias públicas e até mesmo particulares, possuem fotocélulas sensíveis à radiação e à luz solar que a um determinado ponto de radiação e luminosidade do dia ativam os sensores e desliga as lâmpadas e luminárias. Isso foi um sistema criado para garantir maior economia de energia, com uma importância ecológica. As fotocélulas são sensíveis à luz e a intensidade das ondas define a potência da luz do poste numa relação inversamente proporcional: onde quanto maior a nível de ondas luminosas e radiação, menor a luz emitida pela luminária. Com a inclinação também ocorre outras coisas na mesma direção.



12:00 - Sol em seu ápice de luminosidade e radiação. Está aceso o luminária.



18:00 - Del ao poste, pouca luminosidade e radiação com início de aumento da luz do poste.

Figura 5.1.1.6: resposta dada pelo grupo 4 à atividade 1.

O grupo 5, foi o que trouxe a resposta mais incomum, sob minha concepção, e como não houve consenso entre eles, mostrando o conflito na interação para construção do conhecimento, permiti que eles dessem duas respostas para a questão, mas nenhuma delas, quando abrimos discussão para a sala foi aceita como razoável.

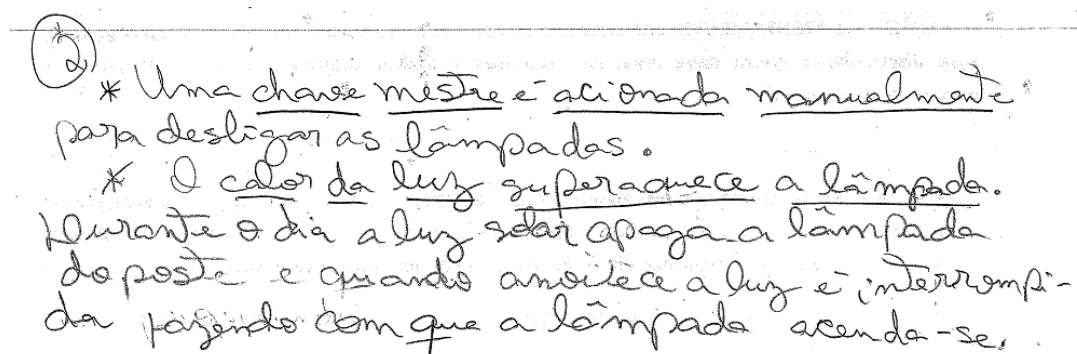


Figura 5.1.1.7: resposta dada pelo grupo 5 à atividade 1.

O sensor pode captar a luz ou interferir com a luz. Nesse sentido, Pereira, Ostermann e Cavalcanti (2009) destacam a polissemia da palavra. A palavra não se apresenta como um item do dicionário, pois ela é determinada por seu contexto e existem tantas significações quantos contextos possíveis.

Conforme observam Crepalde e Aguiar Jr., embasados em Vigotski (1996) e Luria (1996)

[...] A palavra não é somente meio de compreender os outros, é também meio de compreender a si mesmo (Vigotski, 1996). O signo do conceito, ou seja, a palavra, para além de sua função comunicativa possui seu papel de reguladora da atividade psíquica. Dessa forma, podemos afirmar que a palavra possui dois componentes: 1) sua atribuição a um objeto e seu significado (este último como o sistema de relações visuais, situacionais ou abstratas, categoriais, estabelecido em determinada etapa de desenvolvimento, que desempenham a função da generalização e com ele possibilitam a comunicação das pessoas entre si); 2) o sentido da palavra, ou de outra maneira, o significado interior que tem a palavra para o falante e constitui o subtexto da expressão [...] (CREPALDE E AGUIAR JR. 2013, p. 304).

Esse conceito de sensor é o que Vigotski (2000) coloca como conceito cotidiano ou espontâneo, e tem sua base na experiência direta e concreta do indivíduo, pois ele é “[...] fruto de uma construção cultural, vindo de atividades

práticas internalizadas pelo indivíduo ao longo de seu processo de desenvolvimento [...]” (TRAZZI, 2015, p. 35).

Continuando a atividade de demonstração investigativa do relê fotoelétrico, o aluno Marcos, que assume uma posição tradicionalmente estabelecida na sala de aula em que os alunos são receptores de verdades prontas vindas do professor, diz:

“– Professor, calma aí. O que é isso? Primeiro você tem que dizer..”

Marcos parece querer participar, mas critica (A1) a forma como a proposta foi colocada, achando que eu deveria explicar, ou melhor, dar a resposta como as tradicionalmente são trabalhadas (o que foi rechaçado por mim imediatamente).

Procurei deixar claro que não teriam respostas acabadas na realização da atividade e, então, respondi ao aluno:

“– Não, eu quero que vocês me digam!!”

Marcos, percebendo a minha resposta, questiona: “– professor, pode ir aí?”

Ao que respondo: “– Pode, claro! Pode vir.”

Ao perceber que eu não daria respostas prontas ele muda sua atitude (A2) perante a situação-problema.

Na sequência, o aluno Sílvia lança mais uma hipótese para solução do problema e que é aceita e testada por Marcos.

“– Sopra aí Marcos...dá um tapa aí.” (Marcos, rindo e meio sem graça, assopra.(risos da turma)

Logo após testar a hipótese de Sílvio, Marcos percebe algo no experimento que não tinham levado em consideração anteriormente, o que reforça a hipótese anterior de Sílvio sobre o sensor.

“ -- Tem alguma coisa aqui.(risos)...tem um vidro com bateria

Sílvio replica: *“– Eu falei que era um motorzinho.”*

Neste episódio identificamos além da fala como mediadora da ação dos alunos, o uso da língua para expressar as relações na busca de significados, como, também, o trabalho colaborativo dos alunos (PEREIRA, OSTERMANN, CAVALCANTI, 2009).

Na sequência da aula de demonstração investigativa e, como não chegamos a uma conclusão sobre a resolução do problema, alguns alunos se prontificam a analisar mais de perto o experimento. Observe o diálogo da sequência da aula:

EPISÓDIO 4 – O TRABALHO COLABORATIVO

Sílvio – “Num tem o sensor? Parece um motor.”

João “– Pode ir aí? (neste momento os alunos Sílvio e Marcelo também se levantam e chegam perto do experimento: os três alunos juntos)

Enquanto os alunos Sílvio, Marcos e Marcelo ficam observando e tentando entender o que é o relê, o aluno João sai em busca de algo

Depois de analisar o relê fotoelétrico, o aluno Marcos diz: “-Ah, você tem que jogar luz aqui para acender aquela dali?”

Prosseguindo nossa investigação, quando o aluno Sílvio pega o celular para ligar a lanterna do mesmo, o aluno João, demonstrando um posicionamento investigativo (A1) se aproxima e os outros, Sílvio e Marcelo, o acompanham e trabalham de forma colaborativa (A2) na busca da solução do problema. João se afasta e busca algo. Antes do retorno de João, Marcos lança uma hipótese que seria testada por Sílvio, mas João sai sem falar nada e retorna, instantes

depois, com uma jaqueta. Interessante perceber que, mentalmente João elabora uma hipótese que é testada (**P5**) quando ele volta com a jaqueta e a joga por cima do relê, o que ocasiona o imediato acendimento da lâmpada incandescente. Os outros alunos próximos ao experimento consideram que o problema foi resolvido, eles se afastam e toda a turma bate palmas, cumprimentando o aluno João.

O aluno Marcos tinha lançado uma hipótese: Jogar luz no “sensor” (conceito fortemente presente na 1ª atividade, como vimos) para acender a lâmpada incandescente que estava ligada a ele. A hipótese seria testada por Sílvia, que estava pegando o celular com lanterna para isso. Entretanto, enquanto este se preparava, *João* foi mais ágil para testar a hipótese que tinha. Os alunos da sala de João consideram-no importante socialmente nesse grupo, em relação a uma dimensão colaborativa de trabalho como realizada nesse tipo de atividade (cremos que essa consideração em relação a João esteja ligada ao fato dele ter uma boa habilidade matemática em resolver exercícios).

A partir desse momento procedo com uma explicação sobre o que é o relê e qual o princípio básico do funcionamento do mesmo. Procuro utilizar uma interação mais dialógica no discurso (MORTIMER e SCOTT, 2002), buscando trazer para a discussão as várias vozes como podemos perceber no discurso transcrito abaixo.

EPISÓDIO 5 – SISTEMATIZANDO O CONHECIMENTO E NOVAS HIPÓTESES

Professor “– Para que serve essa abertura do relê?”

Alunos (em geral) – para entrar a luz

João “– Porque a luz tá entrando ele mantém a luz apagada.”

Luciana “– É prá ver se precisa ou não de luz.”

Professor “– Onde podemos encontrar esse aparelho?”

Alunos (alguns em coro) “– No poste!”

Professor “– E, se vocês olharem pela janela no poste ali do lado de fora?

Alunos (alguns) “– tem um lá,”

Os alunos olham pela janela e percebem que tem um poste com um relê similar.

Professor “– Esta montagem tem o mesmo princípio do relê do poste. Mas, vocês lembram daquela primeira atividade que fizeram? O que a maioria respondeu, vocês lembram?”

Alex “– Sim. Um sensor.”

Professor “– Sim, um sensor. Mas vamos tentar entender melhor essa situação experimental que foi montada aqui.”

João “– Aquele pedacinho ali absorve a luz (apontando para abertura do relê). É. Esse pedacinho vai absorver as ondas da luz, ai quando ele tá absorvendo as ondas ele mantém a luz apagada. Ele interrompe a corrente.”

Neste instante interrompo e pergunto ao aluno João: mas o que é corrente?

Ele responde: “- É um feixe de elétrons que passa.”

Antes desse episódio da aula, algumas hipóteses iniciais tinham sido lançadas por alguns alunos e a questão que propus para a turma tinha sido resolvida: a Jaqueta foi lançada sobre o relê o que fez a luz se acender. Porém, nesse momento procurei organizar o que os alunos já tinham exposto e trazer um conhecimento científico já sistematizado. Começo com uma pequena exposição sobre o que seria o relê fotoelétrico e seu princípio básico de funcionamento.

Após perguntar sobre o relê e os alunos responderem quase em coro que era par entrar a luz, João faz uma inferência (**P6**) ao relacionar a entrada da luz com a lâmpada apagada e Luciana também faz uma inferência na sequência. Alguns alunos conseguem generalizar a situação-problema da demonstração para outro contexto (**P8**), fato que imediatamente chamo a atenção dos alunos

para olharem para o poste através da janela e comprovarem esse fato. Após esse fato, João realiza uma exposição oral (**P9**) de sua solução para o problema, relacionando a absorção da luz com a interrupção da corrente elétrica.

Os alunos demonstram saber que para o relê funcionar é preciso que a luz entre por ele através da abertura existente, entretanto, o conceito de luz, como veremos em falas posteriores dos alunos, ainda carece de uma negociação de significados, sendo apresentados diversos conceitos sobre que luz seria necessária para o relê funcionar.

No episódio apresentado acima, quando pergunto onde podemos encontrar o relê, os alunos em coro respondem: “- No poste!!”; e eu, aproveitando um poste que existe ao lado da janela da sala de aula, peço para os alunos olharem para fora da sala através da janela e que dava para ver um relê fotoelétrico semelhante ao que estávamos utilizando na demonstração investigativa.

Após os alunos observarem e reconhecerem o relê no poste, relembro a eles a atividade do relê do início de nossa intervenção e, novamente, a concepção de sensor está fortemente presente no discurso, parecendo um conceito já enraizado no discurso coletivo e de difícil mudança. Mortimer e Scott (2003), citados por Trazzi (2015) problematizam sobre essa dificuldade ou resistência de mudança de concepções alternativas por parte dos alunos. Trazzi (2015) afirma ao dialogar com Vigotski, que o discurso do aluno não é dele, mas produzido socialmente na interação com o outro, afinal o indivíduo está inserido em um contexto sociocultural.

Sobre o objeto e seu conceito, Lúria (1996), citado por Creplade e Aguiar Jr., destaca que:

Ao abstrair um traço característico e generalizar o objeto, a palavra se transforma em instrumento do pensamento e meio de comunicação. Essa capacidade não se restringe a substituir ou representar os objetos, provocar associações parecidas, pois a palavra também analisa os objetos, os introduz em um sistema complexo de relações,

movimento esse que passa, na maioria das vezes, despercebido para o sujeito, transmitindo-lhe a experiência acumulada na história da sociedade. (CREPALDE, AGUIAR JR., 2013, p. 304, 305)

Na sequência, o aluno João, considerado pela turma um parceiro que pode trazer colaborações mais efetivas, generaliza um conceito, dizendo que o relê vai absorver a luz e, na sequência ele diz que vai absorver a luz, considerada agora uma onda. E ele relaciona a absorção das ondas de luz com a passagem da corrente elétrica – que é um conceito novo e ele tinha um conhecimento inicial que, para os outros alunos, não estava socialmente construído para explicar o funcionamento do relê e, então, o restante da turma só observava.

Qual a intenção do aluno ao trazer esse termo científico novo? Seria me testar ou querer ser reconhecido no grupo e por mim como alguém mais capaz? Entendendo que não seria, naquele momento, estender a questão, pois que sairia do meu objetivo de aula, decidi não estender o diálogo, que ficaria apenas entre mim e João e, adotei um discurso autoritário-não interativo (MORTIMER, SCOTT, 2002). Mas aproveitei a ideia de que a luz é uma onda para mostrar a interação com o elétron no relê, característica do efeito fotoelétrico.

Na sequência, aproveito a ideia da luz sugerida por João e dialogo mais uma vez com os alunos na intenção de mediar a continuação da explicação dada pelos alunos sobre o efeito ocorrido no relê.

EPISÓDIO 6 – A POTÊNCIA DA LANTERNA E O TRABALHO COLABORATIVO

Professor “– Lembra Alex que você tinha falado comigo que se jogar um laser aqui apaga a luz?”

Alunos(alguns) “– Ah é...

Professor “– Eu tentei, mas não tinha o laser.”

Sílvio “– Mas é só usar uma lanterna forte também dá.”

Professor “– Uma lanterna?”

Sílvio “– É...num tem aquelas lanternas de pescar.”

Luciana “– Pega do celular!” (outros alunos também dão e seguem a mesma sugestão)

Professor “– Vamos tentar usar a lanterna do celular então?”

Marcos “– Mas tá claro!”

Sílvio “– Mas não sei se funciona do celular, porque a que a gente pegava tinha um tamanho grande (gesticulando com as mãos e dando a entender que a lâmpada e o espelho da lanterna tinham uma dimensão bem maior que uma lanterna de celular)”

Interrompo o aluno Sílvio e pergunto a ele: “– Seu celular tem lanterna?”

Sílvio “– O meu não.”

Outros alunos respondem que têm

Professor “– Pega um aí para a gente tentar aqui.”

Marcos “– Junta uns 3 aí...”

Sílvio “– Mas aí ia ter que tá escuro.”

João “– Pega a jaqueta e coloca ela duas vezes por cima.”

Professor “– Vamos tentar direcionar.”

João e Sílvio “– A luz tinha que tá acesa prá ela apagar.”

Professor “– Ah..entendi.”

César “– Bota a bolsinha do Murilo que é de paninho leve...que é mais fina.”

Nesse episódio, começamos com Sílvio levantando uma hipótese (**P3**) e Luciana entrando no diálogo de forma colaborativa (**A2**) dando uma sugestão de pegar o celular e usar a lanterna do mesmo, o que outros alunos também reforçam. Marcos entra no diálogo (**A2**) para deixar claro que a claridade da sala influencia na hipótese levantada por Sílvio e que foi reforçada por Luciana. Com isso, Marcos, querendo colaborar para a atividade (**A2**) faz uma inferência (**P6**) da fala de Sílvio, que afirmou que deveriam pegar uma lanterna grande (dando a entender que isso tem relação com a intensidade luminosa). Quando Sílvio afirma que precisa estar escuro para funcionar a hipótese por ele apresentada, João apresenta uma solução para esse problema, mostrando um trabalho colaborativo (**A2**). Na sequência, os dois sugerem que a luz deveria

estar acesa para ela apagar e César, entrando na investigação (A1), sugere pegar uma bolsinha leve, diferente da jaqueta que é pesada.

Neste momento os alunos João e Alex se levantam novamente e pegam a bolsa do Murilo para testar a hipótese apresentada.

João tampa o relê com a bolsa (o que faz acender a lâmpada) e Alex pega um celular com lanterna acesa para testar.

Luciana “– É muito fraca essa lanterna.”

Os alunos testam a hipótese inicial e percebem que ela dá certo. Ou seja: ao taparem o relê com a bolsa a lâmpada acende e quando jogam a luz na entrada do relê a lâmpada apaga

Sílvio “– Você tá jogando através do pano?”

Alex – Não, tô jogando por baixo.”

Professor “– E se jogar através do pano?”

Alex testa a minha hipótese e percebe que a luz não acende.

Alex “– Não dá não.”

João “– Esse aqui é preto (referindo-se a cor da bolsa) e ele absorve.”

Os alunos Alex e João, mostrando um trabalho colaborativo (A2) se levantam para testar a hipótese apresentada por César, mas antes Luciana faz a colocação uma crítica (A1) à lanterna utilizada: ela é fraca. Mas, quando Alex e João testam a hipótese (P5) com uma lanterna só e que foi considerada fraca, eles conseguem acender a lâmpada.

Neste episódio os alunos lançam hipóteses sobre como a luz atua sobre o relê fotoelétrico. Partimos da ideia de usarmos um laser, desses bem simples, mas de imediato a hipótese foi descartada, pois a sala estava iluminada. Então, surgiu a hipótese de que com a lanterna do celular poderia ser utilizada. Nesse ponto, percebe-se uma negociação coletiva (PEREIRA, OSTERMANN, CAVALCANTI, 2009) para definirem qual hipótese estaria correta e como deveria ser testada.

Sílvia considera que tem que usar uma lanterna “forte” (tipo de pescar) para dar certo, relacionando a ocorrência do efeito com a potência/intensidade da luz sobre o relê. Marcos corrobora a hipótese de Sílvia quando relaciona a ocorrência do efeito fotoelétrico no relê com a intensidade da luz emitida pela lanterna diz: “- *Junta uns 3 aí.*”; hipótese que tem concordância de Luciana quando ela fala: “- *É muito fraca essa lanterna.*” Fato é que quando os alunos colocam a bolsa sobre o relê, tampando-o completamente, a lâmpada se acende mas, quando Alex utiliza apenas uma lanterna para testar a hipótese, verifica que não era necessário utilizarem mais lanternas para a lâmpada acender, bastando uma só.

Até testarmos a hipótese discutida no parágrafo anterior, os alunos acreditavam que a potência da lanterna e a intensidade luminosa seria a causadora do efeito fotoelétrico, mesmo sendo a atividade anterior a essa demonstração uma simulação computacional do efeito fotoelétrico na qual eles tiveram a oportunidade de discutir, testar e concluir mediados por mim que a condição de ocorrência do efeito se relacionava com a frequência/comprimento de onda da radiação. Como já discutido no episódio 3 dessa análise, é Interessante perceber mais uma vez que os conceitos cotidianos, mesmo após a realização de uma atividade no contexto escolar/científico, continuam fortemente enraizados e os alunos trazem essas concepções para o ambiente escolar, sem substituição dos conceitos cotidianos pelos aceitos cientificamente.

Por fim, neste momento de hipótese, peço para iluminar com a lanterna por cima do pano da bolsa que encobre o relê para ver se conseguiríamos o efeito desejado (acender a lâmpada), fato que não ocorreu. Novamente o aluno João se destaca como um mais capaz no grupo, trazendo uma ideia nova: ele afirma que a bolsa, por ser de cor preta, absorve a luz e por isso não conseguimos acender a lâmpada.

Aproveito este momento para, mais uma vez, retomar a ideia do efeito fotoelétrico dando um direcionamento para sistematizarmos o que vimos em

atividades anteriores e nessa aula, produzimos a seguinte sequência de diálogos, transcrita abaixo:

EPISÓDIO 7 – A ENERGIA DA RADIAÇÃO E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Professor “– Bom pessoal, como a gente poderia entender esse efeito desse objeto relê fotoelétrico com o que a gente está estudando?”

João “– Como assim professor?”

Professor “– Qual a última atividade que a gente fez? Vocês lembram?”

Murilo “– Foi das luzeszinhas.”

Luciana “– Foi da simulação.”

Marcos “– Aí tem uma bateria.”

Professor “– Mas se tivesse uma bateria, concorda comigo, não precisava ter luz.”

Luciana “– No simulador tinha uma bateria lá também, na hora que você jogava a luz refletia e ia pro outro lado e se você mexia na polarização da bateria voltava.”

Professor “– Mas, se você no simulador deixasse a bateria constante?”

Sílvio “– Professor, mas quando a incidência dos raios ultravioletas “você” aumentava ela, a energia, aumentava....

João interrompe e diz: aumentava. (ele pensa um pouco mais e diz: Vamos pensar! Vamos pensar!)

Marcos “– Professor, a incidência da onda de luz transmite assim, tipo, uma energia assim, aí quando tinha muito dela não ativava, mas quando tinha pouca incidência das ondas de luz os elétrons se agitavam?”

Professor “– Lá no simulador?”

Marcos “– não, aí.”

Professor “– A ideia aqui é semelhante.”

Neste episódio retomei a atividade realizada anteriormente, que foi uma simulação computacional do efeito fotoelétrico, para que os alunos busquem as

relações entre as atividades e construam suas hipóteses sustentadas no conhecimento construído na aula anterior, pois me pareceu que os alunos não conseguiram enxergar a relação entre as atividades.

Alguns alunos tentaram estruturar as hipóteses apresentadas na atividade de simulação. Primeiro, Luciana relembra o que acontecia no simulador, que continha uma bateria (creio que a hipótese de bateria no relê vem exatamente dessa relação com o simulador), na sequência Sílvia realizando uma exposição oral de suas conclusões (**P9**) explica que há uma relação diretamente proporcional entre a quantidade de raios ultravioletas emitidos no simulador e a energia gerada, fato que é reforçado por João. Marcos traz uma explicação do funcionamento do simulador também por uma exposição oral (**P9**).

Retomo a discussão chamando a atenção de toda classe e explico o que tem no relê (um elemento chamado LDR que varia de resistência ao receber a incidência da luz). Nesta parte da interação, como já tínhamos muitas hipóteses lançadas anteriormente, procuro sistematizar o que já produzimos de conhecimento e introduzir os alunos na explicação do fenômeno através da visão científica.

Após as discussões e reflexões, é a vez do professor sistematizar as explicações dadas ao fenômeno, preocupando-se em enfatizar como a ciência descreve e, algumas vezes, quando necessário, chegando às representações matemáticas que descrevem o fenômeno. (AZEVEDO, 2004, p.27)

Ao começarmos esta interação, pergunto aos alunos sobre a relação ou entendimento deles sobre o que estudamos nas aulas anteriores (pois já tínhamos realizado atividades que falavam da interação da radiação com a matéria) e o efeito ocorrido no relê. Para minha surpresa, João não tinha entendido e me perguntou: “ – Como assim, professor?”

O discurso do professor durante as atividades investigativas também é importante, pois é ele que irá orientar os alunos na realização das atividades e essa orientação deve ser clara. Nas palavras de Azevedo (2004, p. 25) “[...]”

que argumente, saiba conduzir as questões [...]”. Então, acredito que nesse momento eu não tenha sido claro ao conduzir a atividade e o aluno não tenha entendido a pergunta.

Diante dessa situação, procuro perguntar aos alunos o que eles lembravam das últimas aulas e eles destacaram a realização da atividade de simulação computacional do efeito fotoelétrico (figura 4.3.3.1, p. 55).

O aluno Marcos faz a relação do simulador com o relê ao lembrar que se naquele tinha uma bateria (figura 5.1.1.8) neste deveria ter também. Luciana reforça a ideia da necessidade da bateria para ocorrer o efeito, pois ao inverter a polarização da bateria a luz refletida voltava, entretanto, ela não conseguiu relacionar a interação da luz incidente na placa com os fotoelétrons arrancados da mesma. Quando questionei o que acontecia se deixássemos a bateria constante Sílvia faz uma relação diretamente proporcional com a quantidade de raios ultravioletas incidentes e a energia gerada, fato que João, inicialmente, aceita e depois fala que deveriam pensar. Marcos, na sequência, consegue relacionar a simulação realizada com o efeito ocorrido no relê e faz uma relação da luz como uma onda que transmite energia.

Continuo buscando mais evidências da construção do conceito científico do efeito fotoelétrico nas falas dos alunos sobre a relação da luz e a ocorrência do desse efeito.

EPISÓDIO 8 – A RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO DE ONDA DA RADIAÇÃO E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Professor “– Vamos pensar aqui: quando está um dia ou em um ambiente iluminado essa resistência é alta ou baixa?”

Maioria dos alunos responde alta e alguns poucos respondem baixa.

Retorno ao quadro para retornar à atividade (anterior) do simulador mostrando um esquema básico do simulador e digo que a incidência da luz na placa liberava elétrons. Quando pergunto para classe:

Professor “– Sempre liberava elétrons?”

Alguns alunos respondem “– Não.”

Professor “– Dependia do quê?”

Alex “– Do comprimento de onda e do material”

Professor “– Então, a cada momento que você mudava esse elemento aqui (o material da placa que recebe a incidência luminosa) você emitia mais ou menos elétrons. Não sei se vocês perceberam que tinha um número que indicava a corrente elétrica. Ela varia dependendo do quê?”

João “– Quantos elétrons passavam.”

Professor “– Então, vamos pensar nisso aqui (chego e encosto no relê) como podemos explicar esse efeito (o fotoelétrico, que redesenhei o esquema do simulador no quadro branco) com isso? Vamos pensar um pouquinho...”

João “– Professor, se você aumentasse a quantidade de raios ultravioleta.”

Professor “– Ultravioleta?”

João “– Énão...a quantidade de luz.”

No início desse episódio faço uma relação da energia luminosa incidente com a variação da resistência do LDR do relê fotoelétrico e consequente passagem de corrente elétrica (sendo que meu objetivo era relacionar com o simulador e a radiação utilizada nele).

O aluno Alex rapidamente faz uma inferência (**P2**) da informação recebida e lembra que o efeito depende do comprimento de onda da radiação e do material que recebia essa radiação. João também faz uma inferência (**P2**) ao relacionar a corrente elétrica com a quantidade de elétrons que eram liberados e atingiam a outra placa no simulador e também ele tenta relacionar a

quantidade de raios ultravioletas (quando retorno a pergunta ele não tem certeza se era ultravioleta, responde quantidade de luz).

No momento descrito acima, primeiro busco estabelecer com os alunos uma relação entre iluminação e funcionamento do relê, chego a falar sobre a resistência do material, mas discuto sobre este conceito discuto com os alunos mais adiante. Na fala de Alex percebemos que ele consegue se apropriar da relação de dependência que existente entre a ocorrência do efeito fotoelétrico com o comprimento de onda e material utilizados.

Enquanto João lembra relembra o conceito de corrente elétrica, que para ele já está estabelecido, ao responder que ela dependia de quantos elétrons passavam. Driver *et al* (1999) destaca que o professor deve intervir e negociar com os alunos para introduzir e diagnosticar novas ferramentas culturais e para ouvir e interpretar como as atividades instrucionais estão sendo interpretadas.

Retorno ao desenho que fiz no quadro do simulador e relembro que ele possuía um “botão” que variava o comprimento de onda e que os raios de menor comprimento de onda (portanto, maior frequência) eram mais energéticos e conseguiam o efeito fotoelétrico mais efetivo (durante a atividade de simulação eu, percebendo uma dificuldade inicial dos alunos, fui para o quadro branco e procurei deixar clara a relação de energia e frequência no efeito fotoelétrico).

Neste instante já estávamos caminhando para o final da aula, quando Alex interage comigo e começa dizendo:

EPISÓDIO 9 – A RELAÇÃO ENTRE O MATERIAL ALVO E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Alex “– Professor, tinha aquele negócio também (apontando para meu desenho no quadro) que tinha a resistência de cada material.”

Professor “– Então, Alex, não é qualquer material. Só por curiosidade, porque não vamos trabalhar esse assunto, o material desse relê é um Sulfeto de Cádmio. É um semicondutor, se não me engano.”

Professor “– Mas, vamos tentar relacionar isso (aponto para a representação do simulador que desenhei no quadro) com isso (aponto para o relê que está sobre a mesa). Qual relação? Ou não existe nenhuma?

Os alunos ficam em silêncio.....

Alex “– É como que se naquela parte lá em cima (apontando que no simulador os raios devem ser de menor comprimento de onda) aí bateu no material e refletiu os elétrons.”

Professor “– Refletiu não, o correto seria retirar elétrons. O que vai acontecer então com a corrente?”

Alex “– Vai aumentar.”

Somos interrompidos pelo sinal do término da aula de duração de 50 minutos.

Encaminhando para o fim da aula, Alex retoma a ideia do simulador (**A1**) e relembra que a ocorrência do efeito fotoelétrico dependia, também, da resistência (tipo) do material que recebia a radiação, realizando uma inferência (**P6**) e elabora sua hipótese (**P3**) para a solução do problema: conforme a radiação incidia na placa os elétrons eram refletidos, segundo ele.

Nesta parte final da aula, Alex relaciona a ocorrência do efeito fotoelétrico com a resistência de cada material. Por fim, ele se apropria do discurso de João que relacionou anteriormente a corrente elétrica com a quantidade dos elétrons. Nessa parte da análise buscamos entender melhor como o conhecimento científico foi construído através da utilização de atividades investigativas, entretanto um fato que considero muito relevante, e quero destacar em nossa análise, é que ao serem colocados frente a uma nova cultura, a científica, os

alunos permanecem com suas concepções cotidianas trazidas de suas experiências socioculturais.

Na verdade, como Crepalde e Aguiar Jr.(2013) destacam não se deve esperar que o aluno vai abandonar o conceito espontâneo quando posto em contato com o conceito científico, pois cada um desses conceitos tem sua própria gênese. Essa persistência dos conceitos espontâneos ficou bem explícito em relação ao conceito sensor que, apesar de começarmos nosso ciclo de atividades investigativas trabalhando esse conceito, os alunos o carregaram até a penúltima atividade do ciclo (demonstração investigativa), dando a entender que não haveria a substituição desse conceito sensor (espontâneo) pelo chamado relê fotoelétrico (científico).

O que entendemos ocorrer é uma hibridização entre o discurso científico e cotidiano (CREPALDE, AGUIAR JR., 2013). Segundo esses autores, essa hibridização é o esforço que os sujeitos empreendem para que os enunciados abstratos da ciência tenham sentido social e pessoal relevantes. Esse esforço é evidente no envolvimento dos alunos, em especial João e Alex nos episódios 8 e 9 de nossa análise quando buscavam relacionar a ocorrência do efeito fotoelétrico com a radiação e o tipo de material que recebe essa radiação.

Alex e João ao se apropriarem da palavra alheia nas interações tiveram a possibilidade de confrontação e interpretação para formação de novo signo, dando-nos clareza que esse é um processo dialógico e dinâmico, pois os alunos são envolvidos em nova forma de falar e pensar (LIMA, AGUIAR JR., DE CARO, 2011).

A atividade investigativa se mostrou importante no desenvolvimento das atitudes e procedimentos (AZEVEDO, 2004). Se considerarmos que os alunos serão protagonistas na construção do conhecimento produzido em sala de aula, não somente a dimensão conceitual da aprendizagem deve ser considerada em nossos planejamentos, mas, também, as dimensões atitudinal e procedimental durante o processo investigativo.

Utilizando o quadro 4.5.2, da página 63 dessa seção, elaborado por Souza (2014), algumas atitudes e procedimentos se mostraram mais evidentes no desenvolvimento da demonstração investigativa analisada.

Em relação às três atitudes categorizadas aquela que se mostrou mais evidente foi a de trabalho em grupo de forma colaborativa (**A2**), que se destacou em quase todos os episódios descritos. As outras atitudes categorizadas, **A1** (Ter um posicionamento crítico e investigativo perante situação-problema) e **A3** (Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças), pareceram-nos menos evidentes nos episódios relatados. Nosso entendimento é que esse destaque para a categoria **A2** se dá exatamente pelo tipo de atividade proposta, na qual, mesmo sendo uma demonstração investigativa, foi permitido aos alunos que quisessem (e alguns se manifestaram nesse sentido) interagir livremente com o experimento, seja individual ou em grupo.

Com relação a dimensão procedimental, consideramos que duas categorias foram sinalizadas em maior intensidade na atividade: **P6** (Realizar inferências), **P9** (Realizar exposição oral). Uma maior evidência dessas categorias pode ter sido por minha condução na atividade, em que procurei encorajar os alunos a verbalizarem suas hipóteses e de acordo com elas, procurei orientar os alunos em suas inferências. Entretanto, não apenas os procedimentos P6 e P9 foram evidenciadas em nosso estudo. Outras dimensões da aprendizagem procedimental merecem ser destacadas, tais como as categorias **P2** (Interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos), **P3** (Elaborar Hipóteses) e **P5** (Testar hipóteses).

Procurei durante o desenvolvimento da demonstração investigativa manter, na maior parte da atividade, uma interação dialógica com os alunos no discurso produzido, sendo que em alguns pontos eu sentia que era o momento de trazer os conceitos cientificamente aceitos para dar o fechamento do episódio, usando também o discurso de autoridade (MORTIMER e SCOTT, 2002).

Acredito que essa minha postura dialógica/interativa favoreceu a mudança de postura dos alunos para se sentirem motivados a participar da atividade, assumindo um protagonismo necessário no desenvolvimento de atividades investigativas. É importante essa mudança de postura dos professores nas atividades investigativas (AZEVEDO, 2004), pois nós que orientamos, problematizamos, mediamos e conduzimos a aula para que os alunos também tenham uma postura investigativa durante a atividade.

Motivar os alunos a participarem da aula não foi fácil. Muitos não quiseram participar e apenas observaram a sequência desenvolvida. Desenvolver atitudes ou realizar procedimentos nas aulas não é comum para os alunos. Talvez seja por isso que alguns alunos não se sentiram confortáveis na atividade ou ainda pelo fato de, ainda, prevalecer a aula tradicional como a regra e não a exceção na atividade escolar, onde o professor continua sendo o protagonista e não o aluno.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo principal desse trabalho, tive possibilidade de visualizar êxitos e insucessos em sua realização e começar a fazer uma reflexão mais profunda e contínua sobre a minha práxis. Mesmo trabalhando a duas décadas na área de ensino, não tinha, até então, buscado entender e pesquisar sobre como se dá o processo de construção do conhecimento, seja ele cotidiano ou científico – processo de construção esse que influencia diretamente as relações de ensino e aprendizagem que se buscam construir em sala de aula. Entendo que essa falta de reflexão pode ter sido originada por vários motivos, entretanto, a realização desse mestrado profissional, no qual temos que aliar os conhecimentos teóricos com a prática de sala de aula, foi fundamental para uma mudança de atitude profissional de minha parte.

Nós professores temos, em geral, a infeliz ideia de que se aprende de forma imediata e quando explicamos nossas leis, fórmulas e teorias sobre um determinado conteúdo os alunos já assimilam quase que instantaneamente aquele conhecimento. Esquecemos ou não entendemos que o aprendizado é um processo e não um ponto onde se quer chegar, que envolve ações ativas com negociação de significados entre o professor e aluno e entre os próprios alunos também. Essa foi a razão de nos determos neste trabalho na interação social, baseado na corrente sociocultural de Vigotski.

Dentre as perspectivas de ensino estudadas, a do ensino por investigação me pareceu mais adequada à proposta dessa pesquisa, pois nas atividades investigativas o aluno deve ter a oportunidade de debater, comunicar e expor suas hipóteses, seja em pequenos grupos ou em um grupo mais amplo, como a turma por inteiro. Pensando nas interações que permeiam o processo de ensino e aprendizagem nossas atividades foram concebidas. Destaco que trabalhar na perspectiva investigativa não foi nada simples para os alunos e nem para mim. Nos alunos percebi claramente que a velha e tradicional ideia do professor de Física dando o conteúdo com muitas fórmulas para resolução dos exercícios é, ainda, dominante, ou seja, se o professor não for para o quadro e explicar a matéria e não resolver muitos exercícios não deu aula de

Física. Às vezes eu sentia os alunos um pouco perdidos ou desmotivados a realizar algumas das atividades propostas na intervenção e, com isso, percebia que atividade não se desenvolvia conforme planejado, tanto no tempo de sua duração como no modo esperado de sua execução. Por outro lado, fui entendendo melhor como trabalhar as atividades investigativas durante o processo de intervenção, como ser mais orientador e menos explicador no processo, acredito que isto pode ter influenciado minhas práticas e a motivação dos estudantes na realização das atividades. Nas atividades investigativas o aluno tem um protagonismo muito importante, porém o professor precisa propor o problema a ser estudado, estabelecer métodos de trabalho colaborativo e oportunizar a reflexão sobre a atividade (AZEVEDO, 2004).

Foi interessante observar que alguns alunos não se empenharam para participar das atividades propostas. Demonstravam através de suas atitudes que preferiam a aula tradicional, senti como se eles estivessem dizendo para mim: “ - *Olha, isso não é aula de Física. Cadê as fórmulas e os exercícios?*”. Nas atividades que realizamos em grupos menores o envolvimento destes alunos era razoável, mas quando realizamos a atividade de demonstração investigativa e a interação foi com toda sala, percebi uma menor participação dos alunos o que em parte pode ser explicado pela presença da câmera para gravação de áudio e vídeo, o que, claramente, deixou alguns alunos menos à vontade para participarem da atividade.

Na realização da simulação computacional, quando pedi aos alunos que elaborassem um plano de investigação antes de utilizar o simulador percebi que eles tiveram muita dificuldade para entender o que seria uma investigação. Como assim, realizar uma investigação em uma aula de Física? Parecia algo que não tinha nada a ver com o processo de construção do conhecimento e que, na verdade, era o que faríamos. Precisei mais uma vez chamar a atenção de toda a turma, isso aconteceu com as duas turmas que participaram da intervenção, e utilizar um exemplo: o investigador policial. Para orientar os alunos fiz uma analogia do trabalho do investigador policial com o trabalho que realizariam no levantamento de hipóteses e, embasadas em alguma(s) evidência(s), realizariam o(s) teste(s) com o simulador aceitar ou descartar a(s)

hipótese(s) levantada(s). percebi que os alunos, em sua maioria, se sentiram mais confortáveis para realização da atividade.

Isso me fez entender a importância do aprendizado de atitudes e procedimentos nas atividades de investigação. Essas dimensões de aprendizagem foram, de certa forma, novidade para mim na prática escolar. Pude me apropriar dessas outras dimensões da aprendizagem presentes em nosso trabalho escolar, mas que não tinham sido, até essa investigação, levadas em consideração no meu planejamento de trabalho.

A construção das atividades investigativas e sua sequência foi outro ponto importante a ser considerado. Decidimos sair do tradicional caminho seguido pela maioria dos professores na hora do planejamento de suas atividades: o livro didático. Como nossa abordagem está ligada à Física Moderna, os livros, em sua maioria, só tratam desse assunto no final do livro 3 do terceiro ano do ensino médio, tornando-se um conteúdo que muitas vezes é esquecido ou parece estranho à Física (na escola em que trabalho esse conteúdo não é contemplado na terceira série do ensino médio porque o professor dessas turmas tradicionalmente prioriza a eletricidade e, como disse, falta tempo ao fim do ano letivo para que se trabalhe Física Moderna).

Não compartilhando da mesma visão da maioria dos autores dos livros, decidimos trabalhar a partir da visão ondulatória da luz, passando pela dualidade onda-partícula até chegarmos ao efeito fotoelétrico, sempre buscando trabalhar o fenômeno físico nas atividades e não o tratamento matemático. Percebi que é um caminho possível, mas não fácil de ser seguido, pois trabalhar atividades investigativas requer uma lógica temporal diferente de uma aula puramente expositiva tradicional, por conseguinte, algumas atividades que foram planejadas e dimensionadas sem essa percepção temporal diferenciada esse problema ficou evidente. Com isso, por exemplo, a demonstração investigativa foi interrompida pelo término da aula e a sequência da atividade na outra aula foi prejudicada.

Trabalho em um Instituto Federal de Educação, no qual me orgulho de ter estudado, com longa tradição na formação técnica do estado do Espírito Santo e a visão compartilhada por muitos é que em uma escola de ensino técnico deve-se trabalhar de modo tradicional, não havendo espaços para novas estratégias de ensino. Entendo que essa é uma visão equivocada, pois, nesta pesquisa pude perceber que há sim espaço para melhorarmos a relação entre o ensino e a aprendizagem no ensino técnico.

Como disse antes, nós professores não nos damos conta de como se dá o processo de construção de conhecimento e somos tendenciosos em pensar que esse processo é idêntico e automático para todos os alunos. A estratégia do ensino por investigação utilizada nessa pesquisa me fez repensar a construção do conhecimento científico, percebendo na palavra um signo importante na apropriação e formação de conceitos percebendo o discurso como, realmente, uma construção social.

Entendendo ainda que o objetivo primeiro não é formar cientistas quando trabalhamos na dimensão investigativa inserindo o aluno nas práticas científicas. O que se pretende é dar ao aluno a possibilidade de inserção em uma cultura científica (SOUZA e SASSERON, 2012), tão importante para o indivíduo quanto outras dimensões culturais existentes em nossa sociedade.

Ao final dessa dissertação e mestrado termino com a clareza de que devemos e temos ferramentas para fazer melhor em nossas salas de aula. Sei que não é fácil sair da zona de conforto estabelecida, mas cabe a nós diretamente essa mudança.

REFERÊNCIAS

- ALVETTI, M. A. S. **Ensino de física moderna e contemporânea e a revista Ciência Hoje**. 1999. 169f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da prática escolar**. Campinas: Papirus, 1995.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p.19-33, 2004.
- BARROW, L. H. A brief history of inquiry: from Dewey to standards. **Journal of Science Teacher Education**, v.17, n.3, p.265-278, 2006.
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 19, n. 3, p.291-313, dez. 2002.
- BOSS, S. L. B. ; SOUZA FILHO, M. P. ; Mianutti, J. ; CALUZI, J. J.. INSERÇÃO DE CONCEITOS E EXPERIMENTOS FÍSICOS NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA ANÁLISE À LUZ DA TEORIA DE VIGOTSKI. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências** (Online). v. 14, p. 1, 2012.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº 9394, 20 de dezembro de 1996.
- _____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.136p.
- _____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002, 144p.
- _____. Ministério da Educação. **Parecer CNE/CEB**. Resolução n. 2, de 30 de janeiro de 2012. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília: CNE.CEB, 2012.
- _____. Ministério da Educação. **Relatório Nacional do Pisa 2012: Resultados Brasileiros**. Brasília: MEC/SEB/Inep, 2012. 66p.

_____. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico>>. Acessado em 20 de Novembro de 2015.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o Ensino de Ciências. 1-17, 2004. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). São Paulo: Cengage Learning, p. 1-17, 2004.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20. 2013.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C; SOUZA, D. F.; MUZINATTI, J. Uma Aula sobre o Efeito Fotoelétrico no Desenvolvimento de Competências e Habilidades. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 24-29, maio 2002.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Atividades Didáticas de Resolução de Problemas e o Ensino de Conteúdos Procedimentais. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 6, p. 87-101, 2011.

CREPALDE, R. S.; AGUIAR JR., O. G.. A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: da energia pensada à energia vivida. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, V18(2), p. 299-325, 2013.

CUNHA, M. V. da. John Dewey e o pensamento educacional brasileiro: a centralidade da noção de movimento. **Revista Brasileira de Educação**. n. 17, p.86-98, mai-ago 2001.

DEMO, P. **Pesquisa: princípios científico e educativo**. 2. ed. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1991.

DEWEY, J. Experiência e Natureza: lógica: a teoria da investigação: A arte como experiência: Vida e educação: **Teoria da vida moral**. São Paulo: Abril Cultural, 1980.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo o conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-40, 1999.

GHEDIN, E. **Teorias Psicopedagógicas do Ensino Aprendizagem**. Boa Vista: UERR. Editora, 2012.

- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JÚNIOR, O.; DE CARO, C. M. A formação de conceitos científicos: reflexões a partir da produção de livros didáticos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 4, p. 855-871, 2011
- LUDKE, M.; ANDRE, M. E. D. A.. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- MACHADO, V. C.. Considerações a respeito da pesquisa educacional brasileira e das investigações de tipo etnográfico e sua relação com a geografia. **Revista Percurso-NEMO**. Maringá, v.2, n.2, p.163-180, 2010.
- MARANDINO, M.. A Prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 168-193, 2003.
- MARTINS, J. C. Vygotsky e o papel das interações sociais na sala de aula: reconhecer e desvendar o mundo. **Série Idéias: os desafios enfrentados no cotidiano escolar**. Secretaria de Estado da Educação, Governo do Estado de São Paulo, Fundação para o desenvolvimento da Educação, n ° 28, p. 111-122, março, 1997.
- MÁXIMO, M. P., ABIB, M. L. V. S., Ensino por investigação e aprendizagem de conceitos físicos e de habilidades ao longo do tempo. **XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2012, Maresias, São Paulo. 2012.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- MORTIMER, E.F.; MASSICAME, T.; TIBERGHIE, A.; BUTY, C.. Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In: NARDI, R. **A pesquisa em ensino de ciência no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras, p.53-94, 2007.
- MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio**, v. 1, 2007.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.5, n.1. 2000.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A.. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis**, V.18, n.2, p.135-151, ago 2001.

PENA, F. L. A. Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 1-4, 2012.

PENHA, S. P.; CARVALHO, A. M. P.; VIANNA, D. M. **A utilização de atividades investigativas em uma proposta de enculturação científica: novos indicadores para análise do processo**. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 2009, Florianópolis. Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

PEREIRA, A.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.. O ensino de Física Quântica na perspectiva sociocultural: uma análise de um debate entre os futuros professores mediado por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 8, n.2, p. 376-398, 2009.

PINTO, A.C., ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, V.16, n.1, p.7-34, abril 1999.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REZENDE JÚNIOR, M. F.; DE SOUZA CRUZ, F. F.. Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: formação ou informação? In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 5., 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

RODRIGUES, B.A.; BORGES, A.T. **O ensino de ciências por investigação: uma reconstrução histórica**. Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba, 2008.

ROSITO, B. A. O Ensino de Ciências e a Experimentação. In: MORAES, R. (org.). **Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

SÁ, E. F. de, PAULA, H. de F, LIMA, M. E. C.; AGUIAR, O. G. de. **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 6, Florianópolis, SC, Atas..., 2007.

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JUNIOR, O. A construção de sentidos para o termo Ensino por Investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SANCHES, M.B. **A Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: Qual sua presença em sala de aula?** Dissertação (Mestrado em educação para a Ciência e o ensino de Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n.1, p. 59-77, 2011.

SCHROEDER, E. ; MAESTRELLI, S. R. P.; FERRARI, NADIR. **A Construção dos conceitos científicos em aulas de Ciências: contribuições da teoria histórico-cultural do desenvolvimento**. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2009, Florianópolis. Anais do VII ENPEC, 2009.

SILVA, L. L. da, TERRAZZAN, E. A.; As Analogias no Ensino de Conteúdos Conceituais, Procedimentais e Atitudinais em Aulas de Física do Ensino Médio, **Experiências em Ensino de Ciências – V6(1)**, pp. 133-154, 2011.

SOUZA, D. R. JR.. **O ensino de eletrodinâmica em uma perspectiva investigativa**: analisando os desdobramentos sobre a aprendizagem dos estudantes. 2014. 121f. dissertação de mestrado – Programa de Pós

Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Estado do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SOUZA, V. F. M.; SASSERON, L. H. As interações discursivas no Ensino de Física: a promoção da discussão pelo professor e a Alfabetização Científica pelos alunos. **Ciência e Educação**, v. 18, n. 3, p. 593-611, 2012a.

TEIXEIRA, P. M. M.. A Educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. **Revista Ciência e Educação**, vol.9, n.2, p.177-190, 2003.

TERRAZAN A. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média**. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1994.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

TRAZZI, P. S.S.. **Ação mediada em aulas de Biologia**: um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular. 2015. 178f. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. São Paulo, Martins Fontes, 1994.

_____. **Pensamento e linguagem**. 2 ed. São Paulo. Martins Fontes, 2000.

WARDE, M.. O papel da pesquisa na pós-graduação em educação. **Cadernos de Pesquisa**. São Paulo (73): p. 67–75, maio de 1990.

WESTBROOK, R. B. John Dewey. in: WESTBROOK, Robert B; TEIXEIRA, Anísio; ROMÃO, José Eustáquio; RODRIGUES, Verone Lane (org.). Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Tradução: Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZÔMPERO, A. F.; LÁBURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67-80, set./dez. 2011.

APÊNDICE

I. Termo de consentimento livre e esclarecido

II. Produto de Mestrado

Apêndice I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), do Projeto de Pesquisa sob o título **“Efeito Fotoelétrico: uma abordagem investigativa com estudantes do Ensino Médio”**. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não sofrerá qualquer tipo de penalidade, de forma alguma. Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com qualquer um dos responsáveis pela pesquisa: profº João Mauro da Silva Júnior (Física-IFES-Colatina); email: professorjmauro@gmail.com e com o orientador da pesquisa profº Dr. Geide Rosa Coelho (UFES) pelo telefone: (27) 4009-2543, e-mail: geidecoelho@gmail.com.

Nesse trabalho, buscamos entender como os alunos se comportam e interagem no processo ensino-aprendizagem ao estudarem o tema abordado sob o enfoque investigativo. A coleta de dados será feita na escola (IFES-Colatina) durante as aulas, que poderão ser gravadas em vídeo e/ou áudio e posteriormente utilizadas e analisadas unicamente com o intuito desta pesquisa, não havendo qualquer repasse a terceiros com intuito comercial/financeiro.

Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos também sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. E reiteramos mais uma vez que você tem toda liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador profº João Mauro da Silva Júnior sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios, caso existam, decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que

posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade

Local e data _____, ____ de Outubro de 20 14.

Assinatura do participante

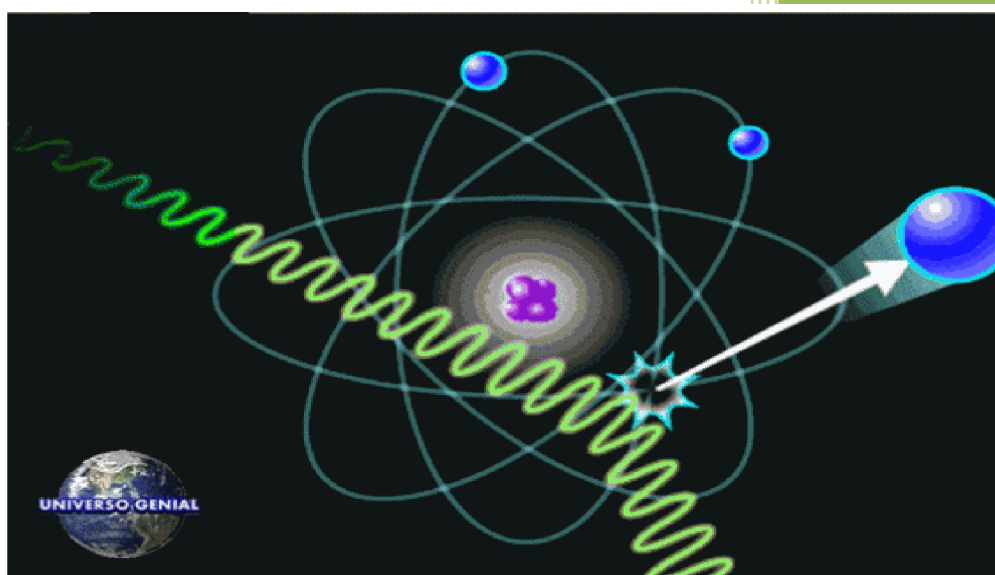
Assinatura do responsável legal

Eu, profº João Mauro da Silva Júnior, obtive de forma voluntária o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** do sujeito da pesquisa ou representante legal para a participação da pesquisa.

(Aluno: _____)

Apêndice II: produto de mestrado

Unidade Investigativa – Efeito Fotoelétrico



João Mauro da Silva Jr.
Geide Rosa Coelho

PPGEnFis
UFES

DEDICATÓRIA

Aos os amigos, alunos e familiares
que participaram dessa construção.

EPIGRAFE

*“Hoje me sinto mais forte
Mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco sei
Ou nada sei*

*...
É preciso amor
Pra poder pulsar
É preciso paz pra poder
sorrir
É preciso a chuva para
florir*

*...
Todo mundo ama um dia
Todo mundo chora
Um dia a gente chega
E no outro vai embora*

*...
Cada um de nós compõe
a sua história
Cada ser em si
Carrega o dom de ser
capaz
E ser feliz.”
(Almir Sater / Renato
eixeira)*

APRESENTAÇÃO

Olá caro(a) professor(a),

Neste material instrucional você encontrará uma sequência de ensino investigativa (CARVALHO, 2013) que é fruto de um trabalho de Mestrado Profissional. Ela foi concebida considerando a importância do estudo e inserção efetiva do estudo da Física Moderna nas aulas de Física, especialmente o efeito fotoelétrico que é o tema desse trabalho.

Nossa Unidade foi desenvolvida sob o formato de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), que se compõe por uma problematização inicial, atividades investigativas, sistematização do conhecimento e avaliação (esta, devido às peculiaridades e objetivos de cada aula planejada pelo professor, preferimos não colocar nenhum “exemplo” ou formato de avaliação neste material).

Destinada, principalmente, para o professor da educação básica na aplicação e desenvolvimento de atividades investigativas, nossa SEI foi concebida por um caminho não usual, quero dizer, partimos da dualidade onda-partícula logo após o estudo de ondulatória até trabalharmos os fatores que influenciam a ocorrência do efeito fotoelétrico, sempre de maneira conceitual. A SEI é composta de dois ciclos de atividades. No 1º ciclo buscamos discutir a interação da radiação com a matéria e a dualidade onda-partícula e, por fim, no 2º ciclo há atividades cujo objetivo de aprendizagem principal é buscar entender os fatores que influenciam no efeito fotoelétrico e as aplicações deste em nosso mundo moderno.

Em cada atividade procuramos destacar, no início delas, as tipologias de aprendizagem, conceitual (**C**), procedimental (**P**) ou atitudinal (**A**), que potencializamos na aplicação da atividade proposta.

Por fim, esperamos que esse material instrucional seja útil e apoio no planejamento e desenvolvimento de aulas que despertem nos alunos maior interesse e protagonismo em nossas aulas de Física.

Boa leitura e bom trabalho!

A PROPOSIÇÃO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

Normalmente, a prática de sala de aula, com algumas exceções e por diversos fatores, tem sido a tradicional relação professor detentor do conhecimento e alunos passivos que receberão o conhecimento produzido pelos cientistas ao longo da história. Ao trabalharmos com atividades investigativas esse paradigma muda e professores e alunos devem assumir uma nova postura. Enquanto os alunos passarão a ser ativos e protagonistas na construção de seu conhecimento buscando soluções em atividades problematizadoras que os levem a lançar hipóteses, testá-las e organizar, analisar, concluir e comunicar dados; os professores atuarão como mediadores no trabalho, orientando e problematizando na busca da solução de um problema. Segundo Azevedo (2004), esses problemas devem levar o aluno: a pensar, a debater, a justificar suas ideias e ainda aplicar os conhecimentos em situações diversas, utilizando os conceitos teóricos e matemáticos. Enfim, tanto a postura do aluno quanto a do professor deve ser totalmente diferentes nessa perspectiva de ensino.

Trabalhando na perspectiva investigativa, outro ponto importante a ser considerado é que as tipologias de conteúdos conceitual, procedimental e atitudinal (POZO; CRESPO, 2009; ZABALA, 1998) requeridas e trabalhadas com os estudantes durante as aulas são potencializadas.

As atividades, como sugestão, devem se desenvolver em grupos de alunos, pois entendemos que as atividades investigativas demandam discussões e negociações na busca de sua solução. Esses grupos podem ser dimensionados com 3 a 5 alunos, pois grupos com uma maior quantidade de alunos podem surgir outras dificuldades no momento de discussões e debates.

Enfim, pensamos que as atividades propostas possam ser utilizadas e/ou adaptadas pelos colegas professores de acordo com a realidade de cada um.

ATIVIDADE 1 – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Conteúdos estabelecidos na atividade:

C1: Reconhecer o tipo de radiação presente como eletromagnética.
C2: Explicar a utilização desses materiais no dia-a-dia.
P1: Elaborar hipóteses
P2: Construir modelos explicativos
P4: Comparar resultados
P5: Generalizar
A1: Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa

ATENÇÃO: Leia **ATENTAMENTE** cada situação apresentada abaixo e discuta com seu grupo; após essa discussão, o grupo deve levantar hipóteses e buscar argumentos que solucionem o problema apresentado.

1ª SITUAÇÃO

Você já deve ter percebido que em alguns locais, tipo shopping center ou supermercados, existe uma porta automática que permanece fechada mas que, quando nos aproximamos, ela se abre automaticamente e após passarmos ela se fecha, também de modo automático.

Você já parou para pensar por que ou como isso ocorre?



FONTE: <http://www.dicasdedecoracao.net.br/wp-content/uploads/2011/08/porta-automatica.jpg>

O trabalho do grupo é se reunir para levantar hipóteses e argumentos sobre uma possível solução para esta situação. Após essa discussão elaborar um texto (aproximadamente, 15 linhas) onde esteja a possível solução para a questão.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

2ª SITUAÇÃO

Outra situação extremamente comum em nosso dia-a-dia é o acendimento automático das lâmpadas nos postes de iluminação pública ao entardecer do dia e o desligamento, também automático, dessas lâmpadas ao amanhecer.



Acessado em 20/10/2014
<http://suacidade.com/2013/04/5/avanca-san-luis-investe-na-iluminacao-publica-136-mil-luminarias-devem-ser-subsituídas-ate>



Acessado em 20/10/2014 <http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2013/11/prefeitura-contratara-empresa-para-assumir-iluminacao-publica-em-mg.html>

Mais uma vez o grupo deve se reunir e argumentar sobre as possíveis causas desse funcionamento automático. Após o grupo levantar suas hipóteses, deve redigir um texto (aproximadamente, 15 linhas) explicando a solução encontrada para o problema.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ATIVIDADE 2 – A NATUREZA DA LUZ

Conteúdos estabelecidos na atividade:

C1: Diferenciar a teoria ondulatória da teoria corpuscular.
P1: Elaborar hipóteses
P2: Construir modelos explicativos
A1: Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa
A2: Ter um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema

1. O QUE É A LUZ AFINAL?

O estudo dos fenômenos físicos a respeito da luz e as investigações sobre a sua natureza surgiram desde as antigas civilizações. Ela foi relacionada com o fogo e, às vezes, associada a uma deusa. Os pensadores gregos foram os que deram contribuições mais significativas com o objetivo de explicar sua natureza.

Segundo filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.) a luz era uma perturbação num meio material. Ele descreveu um modelo que pode ser considerado como o embrião da teoria ondulatória da luz, pois essa perturbação, não deixa de ser uma onda. Sua teoria foi aceita durante muito tempo.

O cientista e matemático inglês Isaac Newton (1642-1727), ancorado na teoria mecânica, formulou uma teoria corpuscular, isto é, a luz era composta de partículas. De acordo com Newton, uma fonte luminosa emitia partículas, extremamente pequenas e velozes. Em decorrência disso, sua velocidade deveria ser maior na água do que no ar. Saberemos o porquê adiante.

Um outro pesquisador dessa área, o holandês Cristhian Huygens (1629-1695), afirmou que a luz não era um conjunto de partículas, mas oscilações que se propagavam por meio de ondas.

A teoria proposta por Huygens, exposta no livro Tratado da luz (1690), indica a existência de uma suposta substância, um meio transparente que permeia todo o universo, retomando a idéia da “quinta essência”: o éter. Como onda é a perturbação de um meio material, a oscilação do éter é o que vemos como luz.

Apesar de aceitar que as partículas de luz pudessem vibrar, Newton não aceitava a teoria ondulatória. Dessa forma, Newton e Huygens...

E aí quem teria razão Newton ou Huygens?

Como Newton explicou o comportamento da luz, a partir da sua teoria corpuscular?

A refração é a passagem da luz de um meio para outro com características diferentes, o que resulta em um desvio das partículas de luz. Isso ocorre devido à interação das forças entre essas partículas e as partículas do meio no qual elas se propagam, a água, por exemplo. Como qualquer força que atue sobre uma partícula em movimento pode alterar sua velocidade, essas partículas de luz teriam velocidades diferentes quando mudassem de meio, devido às diferenças de densidades dos meios envolvidos. Em consequência dessa força atrativa, a luz viajaria na água a uma velocidade maior que no ar. Dessa forma, quando uma partícula de luz vinda do ar mergulha na água, muda de direção, fazendo-a aproximar-se da perpendicular à superfície no ponto de incidência.

E, como Huygens explicou o comportamento da luz, a partir da sua teoria ondulatória?

A refração também pode ser explicada com a ajuda da teoria ondulatória, sendo que o raio de luz deveria ser retardado ao entrar em um meio mais denso.

As ondas caracterizam-se por sua frequência e seu comprimento. A suposição essencial é que comprimentos de ondas diferentes correspondem a cores diferentes. Ao invés de termos corpúsculos pertencentes a várias cores, temos a diferença natural em comprimento de onda.

É fundamental, nesse processo, que a velocidade da onda de luz na água seja inferior a do ar, exatamente o contrário proposto por Newton!!!!

Por aproximadamente 100 anos prevaleceu a proposta de Newton.

Mas será que Newton estava realmente certo? Huygens também não poderia estar certo? Vamos continuar reunindo pistas para solucionar esse mistério?

Augustin Fresnel (1788-1827), engenheiro francês, criou alguns artefatos engenhosos em ótica, um dos quais ficou conhecido como a “lente de Fresnel”, e é utilizada para direcionar a luz em faróis de sinalização marítima. Acreditava que a luz pudesse ser reproduzida por fluidos capazes de transmitir vibrações, uma idéia decorrente de uma teoria ondulatória da luz. Com isso, passou a contestar abertamente a teoria corpuscular de Newton.

2. A DISPUTA ENTRE OS MODELOS CORPUSCULAR E ONDULATÓRIO DA LUZ

De acordo com Huygens, a luz é uma onda, uma transferência de energia e não de matéria. O modelo corpuscular de Newton explicava muitos fatos observados. Seria o modelo ondulatório também capaz de fazê-lo? Temos de fazer novamente as perguntas que foram respondidas pela teoria corpuscular da luz para ver se a teoria ondulatória pode sair-se igualmente bem. Vamos fazê-las na forma de um diálogo, imaginado por Albert Einstein e Leopold Infeld, em seu livro “*A Evolução da Física*”¹, entre Huygens (**H**) e Newton (**N**). Ao imaginar este diálogo, os autores procuram usar apenas argumentos conhecidos na época em que Newton e Huygens viveram.

N: Na teoria corpuscular, a velocidade da luz tem um significado bem definido. É a velocidade com a qual os corpúsculos caminham no espaço vazio. Que significará ela na teoria ondulatória?

H: Significa a velocidade da onda de luz, está claro. Toda onda que se conhece se espalha com alguma velocidade definida, o mesmo devendo fazer a onda de luz.

N: Isso não é tão simples quanto parece. As ondas sonoras se espalham no ar, as ondas do oceano na água. Toda onda tem de ter um meio material no qual caminhe. Mas a luz atravessa o vácuo, o mesmo não se dando com o som. Supor-se uma onda no espaço vazio não é, na realidade, supor-se onda alguma.

H: Sim, trata-se de uma dificuldade, embora não seja nova para mim. O meu mestre pensou nisso cuidadosamente e decidiu que a única saída é admitir-se a existência de uma substância hipotética, o éter, um meio transparente que permeia todo o universo. O universo está, por assim dizer, imerso no éter. Uma vez tenhamos a coragem de introduzir esse conceito, tudo o mais se torna claro e convincente.

N: Mas faço objeção a tal suposição. Em primeiro lugar, ela introduz uma nova substância hipotética, e já temos substâncias em demasia em Física. Há ainda outra razão contra ela. Por certo você não duvida de que temos de explicar tudo em termos de mecânica. Que dizer do éter, nesse sentido? Estará você capacitado para responder à questão sobre como o éter é formado por suas partículas elementares e como ele se revela em outros fenômenos?

H: Sua primeira objeção é certamente justificada. Mas, introduzindo o éter destituído de peso e algo artificial, livramo-nos imediatamente dos corpúsculos de luz, muito mais artificiais. Temos apenas uma substância "misteriosa", em vez de um número infinito delas, correspondente ao grande número de cores do espectro. Não acha que isso seja de fato um progresso? Pelo menos todas as dificuldades são concentradas em um só ponto. Não mais necessitamos da suposição fictícia de que as partículas pertencentes a cores diferentes caminhem com a mesma velocidade no espaço vazio. O seu segundo argumento também é verdadeiro. Não podemos dar uma explicação mecânica do éter. Mas não há dúvida alguma quanto a que o estudo futuro dos fenômenos óticos e talvez de outros revelará a sua estrutura. No momento, devemos aguardar outras experiências e conclusões, mas finalmente estaremos, confio, capacitados para esclarecer o problema da estrutura mecânica do éter.

N: Deixemos a questão de lado por enquanto, pois não pode ser solucionada. Eu gostaria de ver como a sua teoria explica, mesmo que desatendamos às dificuldades, os fenômenos que são tão claros e compreensíveis à luz da teoria corpuscular. Tome-se, por exemplo, o fato de os raios de luz caminharem em linha reta in vácuo ou no ar. Um pedaço de papel colocado diante de uma vela produz uma sombra distinta e precisamente esboçada na parede. As sombras nítidas não seriam possíveis se a teoria ondulatória da luz fosse correta, pois as ondas se curvariam ao redor das bordas do papel e, assim, borrariam a sombra. Uma pequena embarcação não é um obstáculo para as ondas do mar, como você sabe; elas simplesmente se curvam ao redor da mesma, não projetando uma sombra.

H: Esse argumento não é convincente. Considere ondas curtas em um rio chocando-se com o lado de uma embarcação grande. As ondas que se originam em um dos lados da embarcação não serão vistas do outro lado. Se as ondas forem suficientemente pequenas e a embarcação suficientemente grande aparece uma sombra muito distinta. É bem provável que a luz parece caminhar em linha reta somente pelo fato de o seu comprimento de onda ser muito pequeno em comparação com o tamanho dos obstáculos comuns e das aberturas usadas nas experiências. Possivelmente não ocorreria sombra alguma se pudéssemos criar uma obstrução suficientemente pequena. Encontraríamos grandes dificuldades experimentais na construção de aparato que mostraria e a luz é capaz de se curvar. Não obstante, se tal experiência pudesse ser

realizada, seria crucial na decisão entre a teoria ondulatória e a teoria corpuscular da luz.

N: A teoria ondulatória poderá conduzir a novos fatos no futuro, mas não sei de quaisquer dados experimentais que a confirmem convincentemente. Não vejo razão alguma para não acreditar na teoria enquanto não for definitivamente provado pela experiência que a luz pode ser curvada, pois aquela teoria me parece mais simples e, portanto, melhor do que a teoria ondulatória.

¹*A Evolução da Física. Albert Einstein e Leopold Infeld. 3ª edição. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.*

O modelo corpuscular de Newton explicava muitos fatos observados. Seria o modelo ondulatório igualmente capaz de explicar tais fatos? Se sim, como os cientistas fazem para resolver uma disputa entre teorias? Faça uma relação dos principais pontos de discordância entre Newton e Huygens e discuta com seus colegas como vocês poderiam fazer para resolver essa questão.

This image shows a single page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, leaving small margins at the top and bottom. There are no vertical margin lines, text, or other markings on the page.

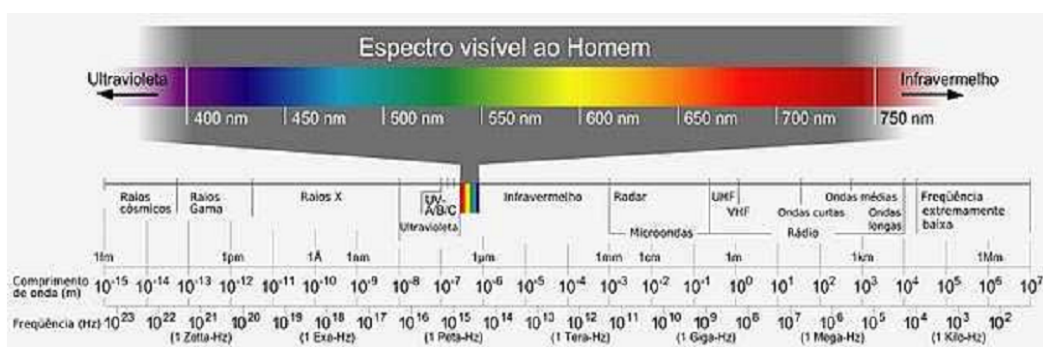
ATIVIDADE 3 – A NATUREZA CORPUSCULAR DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Conteúdos estabelecidos na atividade:

C1: Explicar o espectro eletromagnético.
C2: Explicar o efeito fotoelétrico.
P1: Construir sínteses

1. O Arco-Íris de Maxwell

Na chamada Física Clássica, James Clerk Maxwell mostrou que um raio luminoso é uma onda progressiva de campos elétricos e magnéticos e que a óptica, o estudo da luz visível, é um ramo do eletromagnetismo. Hoje conhecemos um largo espectro de ondas, conhecido como o “arco-íris de Maxwell”.



(Figura 1: espectro eletromagnético)

A teoria ondulatória ganhou uma nova versão dada por James Clerk Maxwell, na qual afirmava ser a luz uma vibração eletromagnética que se propaga também no vácuo com velocidade c (aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s). Esta teoria, de uma sólida argumentação matemática, conseguia dar conta dos fenômenos conhecidos até então sobre a luz e produziu um resultado que poderia ser experimentalmente verificado; para isto, bastaria que se criassem as ondas eletromagnéticas de Maxwell e as comparassem com as propriedades da luz. Esta hipótese foi verificada em 1887 por Heinrich Hertz (1857-1894) e a luz, além de onda, passou a ter, uma natureza eletromagnética.

Quando buscava as ondas eletromagnéticas, ao estudar a produção de descargas elétricas entre duas superfícies de metal em potenciais diferentes

(como ilustra a Fig. 2), Hertz observou que uma faísca proveniente de uma das superfícies provocava uma faísca na outra. Ele também percebeu que o faiscamento era mais intenso quando ele fazia incidir luz ultravioleta no anel. Após confirmar suas observações através de diversas experiências, ele concluiu que o fenômeno deveria ser devido apenas à luz ultravioleta.

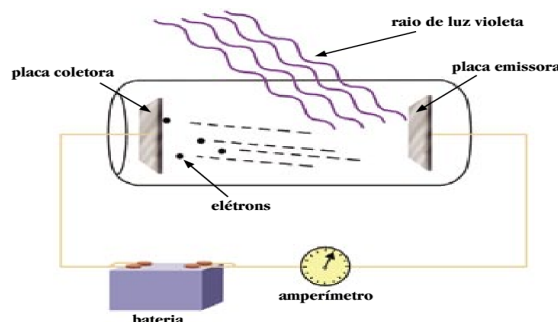


Figura 2: esquema do efeito fotoelétrico

Um ano antes da descoberta do elétron por Thomson (1856-1940) em 1887, o pesquisador, Wilhelm Hallwachs (1859-1922), demonstrou que os corpos metálicos nos quais se incidia luz ultravioleta adquiriam carga positiva.

Já no início do século XX, o físico alemão Philipp Eduard Anton von Lenard retornou os experimentos de Hertz, utilizando-se de um tubo de Crookes, no qual irradiava o catodo e observava a produção das faíscas ou raios.

Lenard constatou que a iluminação da placa metálica (o catodo) ajudava na liberação dos “raios” e, posteriormente, usando um aparato semelhante ao utilizado por Thomson, para medir a relação carga/massa do elétron, verificou que os “raios” produzidos eram, na verdade, elétrons, ou melhor, fotoelétrons, razão pela qual ele batizou o fenômeno de efeito fotoelétrico. Na sequência, fez medidas bastante precisas descobrindo duas importantes propriedades, a primeira, dizia respeito à medida da corrente elétrica gerada em função da tensão elétrica aplicada nos eletrodos (anodo e catodo), quando ele notou que existia um potencial de corte, a partir do qual não era mais possível observar o efeito; a segunda, tratava da dependência do efeito em relação à frequência da luz incidente. Ele observou que o efeito podia ou não ocorrer, e isso estava associado à existência de um valor especial da frequência, abaixo da qual não ocorria o efeito, chamada de frequência de corte. (Adaptado de: CHESMAN; ANDRÉ; MACEDO, 2004, p. 99)

2. O efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico é a ejeção de elétrons de uma superfície metálica pela ação de uma luz incidente. Essa denominação vem do fato de que o metal atrai o elétron para si. Na superfície do metal, a atração não é tão forte, e a luz que incide sobre ele fornece energia suficiente para o elétron “escapar” dessa

ligação na superfície metálica. Em geral, a energia é suficiente não só para arrancar o elétron, mas também para fornecer a ele uma certa energia cinética.

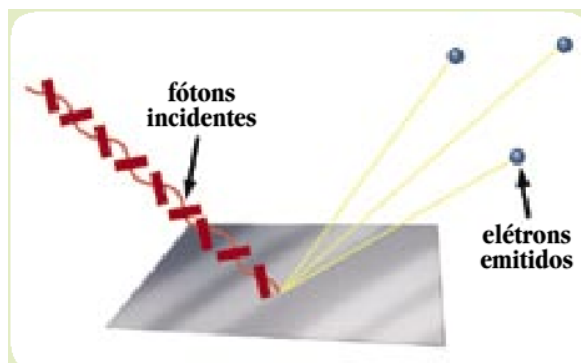


Figura 3: O efeito fotoelétrico

Resumindo, podemos dizer que duas dúvidas a respeito deste fenômeno inquietavam os físicos:

1. De acordo com a teoria eletromagnética clássica, a energia cinética dos elétrons ejetados dependia da intensidade da luz, o que não era observado. Além disso, a ejeção de elétrons ocorria imediatamente, independente da intensidade da luz;
2. O efeito deveria ocorrer para qualquer frequência, pois dependeria da intensidade do campo elétrico.

3. Conseqüências importantes da descoberta

O pressuposto básico da teoria clássica é que sendo a luz uma onda eletromagnética, a sua energia deveria distribuir-se continuamente pelo espaço. Mas não era isso o observado. A teoria ondulatória, no seu auge, torna-se impotente diante daquele fenômeno.

Então, o físico Einstein, em 1905, propõe uma explicação para o efeito fotoelétrico através da teoria dos quanta— teoria que concebia a luz como corpúsculo e que contrariava a idéia de energia contínua no espaço. Segundo Einstein, “a energia da onda luminosa é quantizada em pequenos pacotes, denominados fótons. A energia de um fóton é proporcional à frequência da onda” (Tipler, 1984, p. 853).

Essa é a equação de Einsten para o efeito fotoelétrico:

$$hf = K_{m\acute{a}x} + W$$

na qual:

- hf : é a energia do fóton ($E=hf$);
- $K_{m\acute{a}x}$: é a energia cinética máxima do elétron ejetado,
- W : Representa o trabalho necessário para arrancar um elétron da superfície do catodo. É chamada função trabalho.

4. Quais seriam as conseqüências das proposições de Einstein?

1. Sendo a luz uma partícula, o fóton, um aumento na intensidade luminosa, provoca um aumento na corrente e não no potencial de corte;
2. Para que um elétron seja ejetado é preciso que um fóton colida com esse elétron e transfira toda a sua energia a ele. A transferência acontece no momento da colisão fóton-elétron (um único fóton e o elétron), portanto, instantaneamente. É preciso que o fóton tenha toda a energia necessária. Aumentar a intensidade não adiantaria, pois só aumentaria o número de fótons e não o número de elétrons ejetados.

Ao tentar resolver os problemas suscitados pelos estudos do efeito fotoelétrico, Eisntein propôs o conceito de quantização da luz, inspirado na hipótese da quantização da energia de Max Planck, a qual foi formulada na década de 1920.

A previsão de Einstein, ao propor que a luz eletromagnética se propagava como que em “pacotes”, os “quanta de luz” contrariava as previsões da física clássica. Não bastasse o assombro, a hipótese foi confirmada pelo físico americano R. A. Millikan, em experiências realizadas em 1914.

Referência Bibliográfica:

SILVA, O. H. M.;

ATIVIDADE 4 - PLANO DE INVESTIGAÇÃO - EFEITO FOTOELÉTRICO

Conteúdos estabelecidos na atividade:

C1: Compreender os fatores responsáveis pela ocorrência do efeito fotoelétrico.
 C2: Relacionar o comprimento de onda/frequência da radiação com o efeito fotoelétrico
 C3: Relacionar material alvo da radiação eletromagnética com o efeito fotoelétrico
 P1: Elaborar hipóteses
 P2: Construir modelos explicativos
 P3: testar hipóteses
 A1: Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa
 A2: Ter um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema

Um plano de investigação deve conter:

- a) Objetivos;
- b) Recursos utilizados e/ou disponíveis para a investigação;
- c) Como serão obtidos os dados necessários;
- d) Quais dados serão coletados por serem importantes para a investigação;
- e) Método de coleta de dados;

LEMBREM-SE:

1- ANALISEM COM CALMA O PROBLEMA.

2 – FAÇA TODOS OS REGISTROS DE HIPÓTESES E CONCLUSÕES DO GRUPO.

3 – O TUTORIAL DA SIMULAÇÃO PODE SER MUITO ÚTIL PARA A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA.

4 – RELEIA O PLANO DE INVESTIGAÇÃO ANTES DE ENTREGAR AO PROFESSOR

No simulador, temos duas placas metálicas que estão ligadas aos polos de uma bateria de voltagem (tensão) variável. Uma dessas placas será iluminada com uma fonte luminosa.

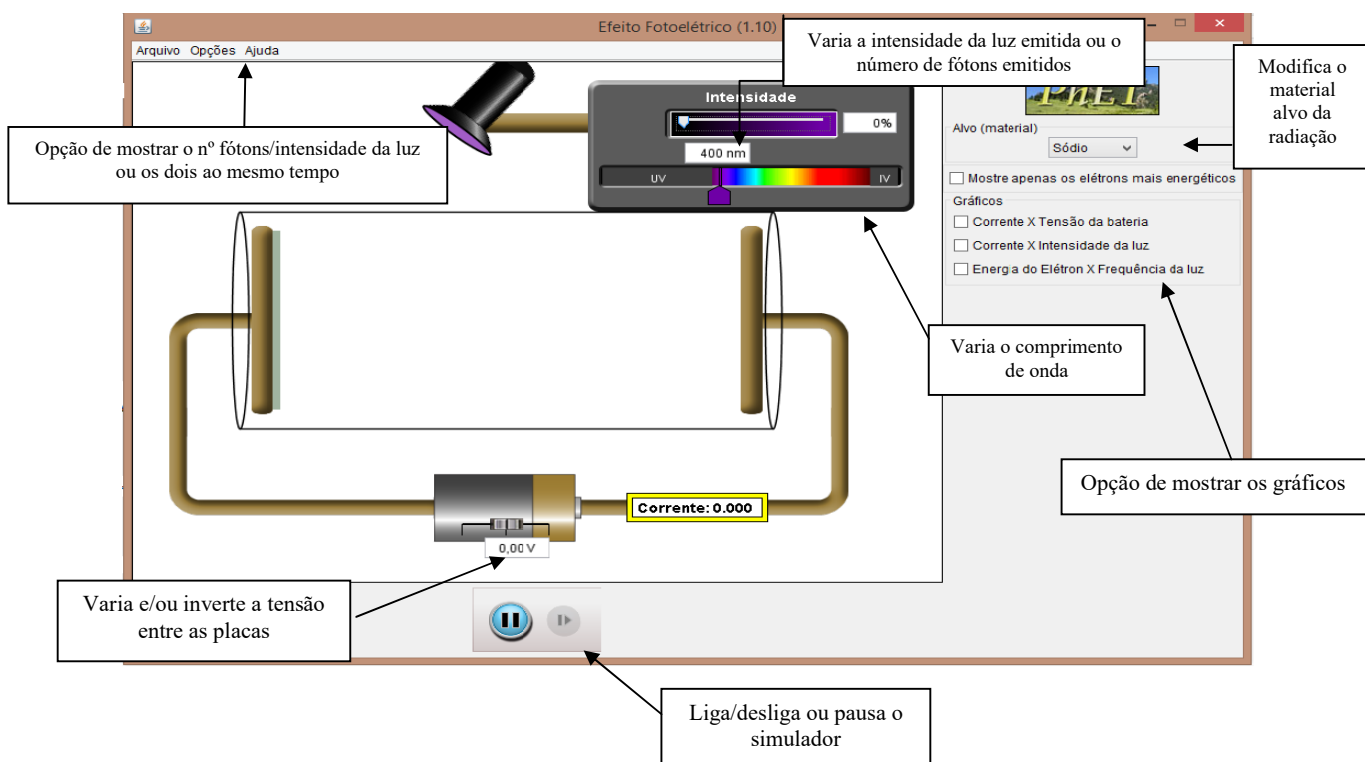
Quais fatores o grupo considera relevante para que ocorra o efeito fotoelétrico?

O grupo deverá elaborar um plano de investigação (mantendo a tensão da fonte constante) para descobrir quais as variáveis interferem na emissão de elétrons pelas placas metálicas, o que caracteriza o efeito fotoelétrico.

Não se esqueçam:

- (i) O grupo deve primeiro levantar hipóteses e fazer o registro, só após essas etapas deve utilizar o simulador.
- (ii) O plano de investigação deve conter objetivos, hipóteses, dados, como foram coletados os dados e análise destes. Por fim, conclusões obtidas na realização da investigação.

2. TUTORIAL DO SIMULADOR DO EFEITO FOTOELÉTRICO



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric

Com este simulador, seu grupo deverá montar um plano de investigação.

ATIVIDADE 5 - DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA – **EFEITO FOTO ELÉTRICO**

Conteúdos estabelecidos na atividade:

C1: Explicar a relação entre a frequência da radiação eletromagnética e o efeito fotoelétrico.
C2: Explicar a relação entre o material alvo da radiação eletromagnética e o efeito fotoelétrico.
P1: Elaborar hipóteses
P2: Testar hipóteses
P3: Realizar inferências Comparar resultados
P4: Realizar exposição oral
A1: Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa
A2: Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças.

1. MATERIAL UTILIZADO:

- a) 1 lâmpada incandescente de 60 W (127 V)
- b) 1 bocal
- c) 2 metros de fio
- d) relê fotoelétrico com base suporte
- e) base de madeira

2. MONTAGEM E APARÊNCIA FINAL:



Figura 1: aparato experimental utilizado na demonstração investigativa – visão frontal



Figura 2: aparato experimental utilizado na demonstração investigativa – visão lateral

PROCEDIMENTO:

1º) o aparato experimental, mostrado nas figuras 1 e 2 acima, deve ser levado para a sala de aula montado e a seguinte questão proposta aos alunos para problematização e desenvolvimento da demonstração investigativa: **“COMO PODEMOS ACENDER OU APAGAR A LÂMPADA SEM TIRARMOS/DESLIGARMOS DA REDE ELÉTRICA?”**

2º) com essa questão proposta o professor e alunos devem trabalhar juntos na busca da solução do problema, e isso implica que os alunos deverão lançar hipóteses, testá-las, elaborar soluções e debate-las. Isso tudo pode ser feito com interações discursivas, mas também pode-se fazer o registro em papel.

ATIVIDADE 6 - DISPOSITIVOS FOTOELÉTRICOS

Conteúdos estabelecidos na atividade:

C1: Reconhecer as aplicações do efeito fotoelétrico.
P1: Estruturar as próprias ideias através de desenhos
P2: Fazer sínteses
P3: Fazer generalizações
A1: Ter um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema

1. Célula Foto elétrica

A célula foto elétrica é um dispositivo que é ativado pela energia eletromagnética na forma de ondas de luz. **Existem três tipos de célula foto elétrica**, as quais correspondem a três diferentes formas de efeito fotoelétrico que empregam: **a célula fotocondutiva, a célula foto emissiva e a célula fotovoltaica, também conhecida como célula solar.**

As duas primeiras são dispositivos passivos que dependem de uma corrente ou tensão externa. Já a célula fotovoltaica é ativa, convertendo energia luminosa diretamente em energia elétrica.

1.1 Célula Fotocondutiva

A célula fotocondutiva é o dispositivo foto elétrico mais antigo, tendo sido desenvolvido pela primeira vez no século XIX. Também é conhecida como foto resistor. Células fotocondutivas são utilizadas para ligar e desligar lâmpadas de rua automaticamente. Elas servem como dispositivos contadores em linhas de produção e também podem ser empregadas em vários sistemas de alarme. Também são familiares em supermercados, onde são usadas como sensores para leitoras de código de barra. Para fotografia, são utilizadas como medidores de intensidade luminosa.

Uma célula fotocondutiva moderna usa a energia da luz para liberar elétrons de sua camada de valência num material semicondutor. O número de cargas livres num semicondutor é relativamente limitada à temperatura ambiente, então a adição de elétrons liberados pela luz aumenta sua condutividade (reduz sua resistência). A resistência pode variar de várias centenas de milhares de ohms no escuro a poucos ohms sob a luz solar. Para aumentar a resistência no

escuro e reduzir a corrente, o caminho de condução é intercalado de forma a produzir este efeito.

Algumas substâncias são fotocondutivas, por exemplo: sulfeto de chumbo (PbS), selenito de chumbo (PbSe), telurídio de chumbo (PbTe) são sensíveis a radiação infravermelha, já o sulfeto de cádmio (CdS) tem sensibilidade a luz visível. Variações na corrente de saída de um miliampere (1mA) por lúmen são possíveis.

Alguns exemplos de utilização das células fotocondutivas:

- a) Relê foto elétrico (usados em iluminação pública)



Relé Fotoelétrico RM10

Fonte: <http://www.simonbrasil.com.br/imgs/produtos/rele/rele-ft.jpg>

- b) Chip CCD (usado em câmeras digitais)



Fonte: <http://cdn4.explainthatstuff.com/insidewebcam1.jpg>

1.2 Célula Foto emissiva

A célula foto emissiva, ou foto tubo, apareceu pela primeira vez em 1920. Tais células são conhecidas como “olhos elétricos” que acionam a abertura automática de portas quando uma pessoa intercepta um raio de luz. Elas também ser usadas de maneiras similares às células fotocondutivas em outros sistemas automáticos. Na forma de tubos fotomultiplicadores são usadas na astronomia para medir radiação eletromagnética de objetos celestes.

Uma célula foto emissiva é construída com um ânodo de fio e um cátodo semicilíndrico com uma superfície emissiva, selada num bulbo de vácuo ou preenchida com um gás. Camadas monoatômicas de césio, potássio ou rubídio são usadas como superfícies catódicas. Fótons que atingem o cátodo transferem sua energia para os elétrons da superfície. Alguns elétrons podem sobrepor a força de ligação e serem emitidos. Estes elétrons emitidos são atraídos para ânodo positivo, produzindo uma fotocorrente da ordem de microamperes. Em muitas aplicações, fotodiodos semicondutores substituíram os fototubos.

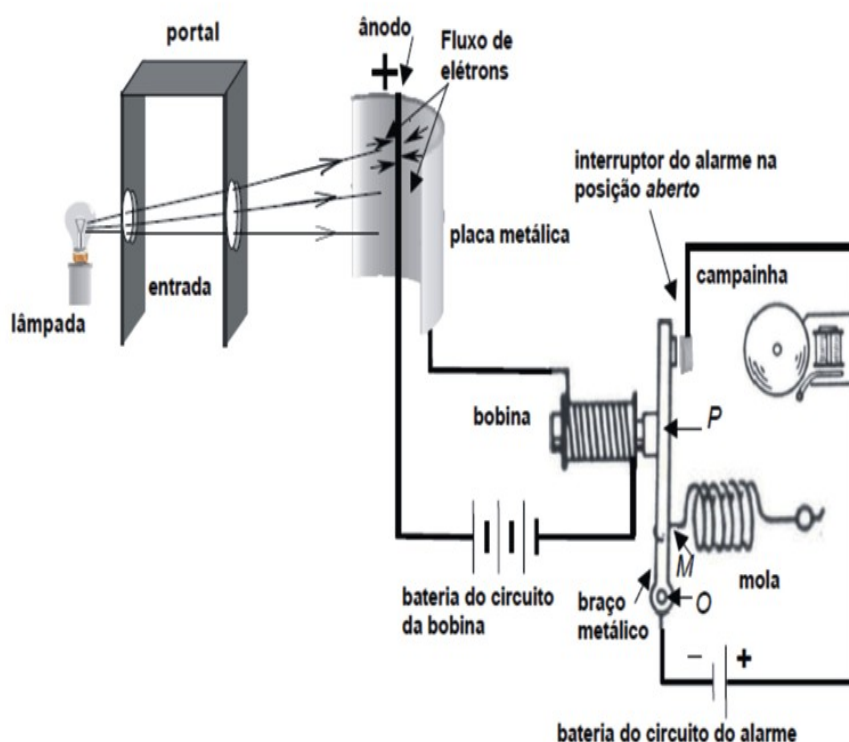
Exemplos:

- a) Fotomultiplicador (utilizado em medicina nuclear)



Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/-tzLDAtGtios/UtwZSzwF5TI/AAAAAAAAAWc/Kuh5Jf-b19Q/s1600/VLALVULA+FOTOM.JPG>

b) Sistema de acionamento automático de portas



Fonte: http://4.bp.blogspot.com/-ZVwc5834P_Y/TzULsGdav3I/AAAAAAAAAacg/gWc8CWnWD_U/s1600/fotoeletrico.jpg

1.3 Célula Fotovoltaica

As primeiras células fotovoltaicas apareceram logo após as células foto emissivas. Elas agora são usadas numa enorme variedade de sistemas eletrônicos, sendo, por exemplo, sistemas de luz moduladas usados na comunicação com fibra ótica. Quando o Sol é a fonte de luz, estas células são conhecidas como células solares.

Células fotovoltaicas são diodos de uma ampla área montados sobre camadas de silício, formando um sanduíche. A camada superficial é muito fina e transparente, permitindo a passagem da luz para que ela chegue até as junções da região do sanduíche de silício. Nesta região os fótons são absorvidos, liberando cargas de suas ligações atômicas. Estas cargas migram para os terminais, aumentando o potencial. Em um circuito aberto a tensão chega a 0,6 -1,0 volts e num curto circuito a corrente pode ser de poucos mA.

Células podem ser conectadas em série para aumentar a voltagem e a corrente de saída pode aumentar através de conexões paralelas.

A eficiência típica de células solares é de 10 a 15 por cento. Eficiência de 30% pode ser atingida, entretanto, pesquisadores esperam poder atingir eficiência da ordem de 40% ou mais.

Painel fotovoltaico para captação de energia solar



Fonte: <https://energiasolar2012.files.wordpress.com/2012/06/solar10.jpg>

REFERÊNCIA: (adaptado)

ESPÍNDOLA, A. L.; FETTUCCIA, M. R. C.; MARTINS, A. M. C. **MANUAL DO ALUNO: FOTO ELETRICIDADE**; Florianópolis, agosto de 1999.